



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Físicas
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos

Cálculo hidráulico de una red de agua para la Planta
Minera Inmaculada Ayacucho

Monografía Técnica

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos

Modalidad – M4

AUTOR

José Audaz MARCILLA TELLO

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Marcilla, J. (2019). *Cálculo hidráulico de una red de agua para la Planta Minera Inmaculada Ayacucho*. Monografía Técnica para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos. Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Hoja de metadatos complementarios

- **Código ORCID del autor:**
- **Código ORCID del asesor:**
- **DNI o pasaporte del autor:** 10747477
- **Grupo de investigación:**
- **Institución que financia la investigación:**
- **Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación:**
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
- **Año o rango de años que la investigación abarcó:**
12.12.2018 – 12.03.2019



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE MONOGRAFÍA TÉCNICA PARA OPTAR EL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO DE FLUIDOS POR LA
MODALIDAD M-4

Siendo las 16:00 horas del día martes 12 de marzo de 2019, en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos, bajo la presidencia del Ing. GUIDO AMÉRICO ROZAS OLIVERA y con la asistencia de los miembros Ing. WILLIAM WILFREDO CHAUCA NOLASCO y Mg. Ing. HENRY MANUEL PALA REYES de conformidad con la Resolución Rectoral N° 01934-R-02 que aprueba las diferentes modalidades de Titulación Profesional, se dio inicio a la Sesión Pública de Sustentación de Monografía Técnica para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos, del Bachiller:

JOSÉ AUDAZ MARCILLA TELLO

El Presidente del Jurado Examinador dio lectura del Resumen del Expediente, e invitó al Bachiller JOSÉ AUDAZ MARCILLA TELLO, a realizar la Exposición del Trabajo de la Monografía Técnica titulada "CÁLCULO HIDRÁULICO DE UNA RED DE AGUA PARA LA PLANTA MINERA INMACULADA AYACUCHO".

Concluida la exposición del candidato y luego de las preguntas de rigor por parte del Jurado Examinador, el Presidente invitó al Bachiller abandonar momentáneamente la sala de sesión para dar paso a la deliberación y calificación por parte del Jurado.

Al término de la deliberación del Jurado, se invitó al candidato a regresar a la sala de sesión para dar lectura a la calificación final obtenida por el Bachiller, la misma que fue:

Diecisiete..... 17.....

El Presidente del Jurado Ing. GUIDO AMÉRICO ROZAS OLIVERA, a nombre de la Nación y de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, declaró al Bachiller JOSÉ AUDAZ MARCILLA TELLO Ingeniero Mecánico de Fluidos.

Siendo las 17.00 horas, del mismo día, se levantó la sesión.

Ing. GUIDO AMÉRICO ROZAS OLIVERA
Presidente del Jurado

Ing. WILLIAM WILFREDO CHAUCA NOLASCO
Miembro del Jurado

Mg. Ing. HENRY MANUEL PALA REYES
Miembro del Jurado



DEDICATORIA

A Karín, Zharick y Khaled, como un humilde gesto de mi gratitud; por su amor incondicional y ser mi motivación para ser cada día mejor.

A mis padres por haberme enseñado, con su ejemplo, el valor del esfuerzo.



AGRADECIMIENTOS

A GyM S.A., por brindarme las facilidades para realizar este informe profesional y por haberme permitido ser parte de esta gran empresa y haber compartido su gran experiencia en cada proyecto emblemático del Perú.

A los catedráticos de la escuela profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos de la UNMSM. Por la dedicación en la enseñanza y formación de los futuros profesional del País y por el apoyo incondicional hacia los alumnos para el logro de sus objetivos.





ÍNDICE

CAPÍTULO I – CONDICIONES GENERALES	10
1.1 INTRODUCCIÓN	10
1.2 ANTECEDENTES	10
1.3 OBJETIVOS	11
1.3.1 Objetivo General	11
1.3.2 Objetivos específicos	11
1.4 MOTIVACIÓN	12
1.5 LIMITACIONES DEL TEMA	12
CAPÍTULO II-FUNDAMENTOS TEÓRICO	13
2.1 Introducción a la mecánica de fluidos	13
2.2 Sistema internacional de unidades	13
2.3 Propiedades de los fluidos	13
2.3.1 Densidad	14
2.3.2 Peso específico	14
2.3.3 Densidad relativa	14
2.3.4 Volumen específico	15
2.3.5 Viscosidad	15
2.3.6 Presión	17
2.3.7 Presión atmosférica	18
2.3.8 Presión absoluta y presión relativa	18
2.4 Hidrodinámica	19
2.4.1 Ecuación fundamental de la hidrodinámica o de Bernoulli	19
2.5 Definición de caudal	20
2.5.1 Caudal volumétrico (m^3 / s)	20
2.5.2 Caudal másico (Kg / s)	21
2.6 Ecuación de continuidad	21
2.7 Fuerzas que actúan sobre un fluido	21
2.8 Clasificación de las energías para flujo incompresible	22
2.8.1 Energía potencial gravitatoria	22
2.8.2 Energía de presión	23



2.8.3 Energía cinética.....	23
2.9 Resistencia de los fluidos en general	23
2.9.1 Introducción.	23
2.9.2 Régimen laminar y turbulento.	24
2.10 El número de Reynolds (Re).....	24
2.11 Fórmula de Darcy-Weisbach (1845).....	25
2.12 Ecuación de Colebrook - White (1937-1939).....	26
2.13 Diagrama de Moody (1944).....	26
2.14 Resistencia a la superficie: pérdidas primarias en conductos cerrados o tuberías	27
2.14.1 Introducción a pérdidas primarias.....	27
2.14.2 Ecuación general de las pérdidas primarias: ecuación de Darcy-Weisbach.....	27
2.15 Cálculo del coeficiente de fricción “ f ”	27
2.16 Resistencia de forma: Pérdidas secundarias con conductos cerrados o tuberías.....	28
2.16.1 Introducción de pérdidas secundarias.	28
2.16.2 El coeficiente k	28
2.17. Redes De Distribución	29
2.17.1 Introducción de redes de distribución.....	29
2.17.2 Tuberías en serie.....	29
2.17.3 Tuberías en paralelo.....	30
2.17.4 Tuberías ramificadas (branch).....	31
CAPÍTULO III-DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	34
3.1 Descripción de la red.	34
3.2 Condiciones del sistema.....	35
CAPÍTULO IV-CÁLCULOS Y RESULTADOS ANALÍTICOS	38
4.1 Metodología de cálculo:.....	38
4.2 Cálculo de la presión en los Nodos.....	38
4.2.1 Nodo A. Condiciones iniciales: Del modelo realizado para el cálculo hidráulico se presentan los parámetros iniciales del sistema.	38
4.2.2 Nodo B. Condiciones iniciales: Del modelo realizado para el cálculo hidráulico se presentan los parámetros iniciales del sistema.	46
4.2.3 Nodo Pump (Bomba).....	53
CONCLUSIONES.....	59
RECOMENDACIONES.....	60
BIBLIOGRAFIA.....	61



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Sistema internacional de unidades (Humberto Leyva Naveros, física I)	13
Tabla 2.2: Variables para solución de problemas (Elaboración propia).....	33
Tabla 3.1: Equipos con sus respectivos parámetros de funcionamiento.....	34
Tabla 3.2: Coeficientes de pérdidas k de accesorios (Fuente: Hoja técnica del proveedor “Válvulas Internacionales”).....	35
Tabla 4.1: Parámetros iniciales del sistema del NA-N16	38
Tabla 4.2: Datos de presión y altura del NA-N16	39
Tabla 4.3: Parámetros iniciales del sistema NA-17	42
Tabla 4.4: Datos de presión y altura del NA-N17	42
Tabla 4.5: Resultados de presión en el nodo NA.....	45
Tabla 4.6: Parámetros iniciales del sistema del tramo NB-NA	46
Tabla 4.7: Datos de presión y altura del NB-NA.....	46
Tabla 4.8 Parámetros iniciales del sistema NB-N15	47
Tabla 4.9: Presión y altura del NB-N15	47
Tabla 4.10: Resultados de presión en el nodo NB.....	51
Tabla 4.11: Resultados del análisis en los nodos.....	52
Tabla 4.12: Parámetros iniciales del sistema N1-NPUMP	53
Tabla 4.13: Presión y altura del N1-Npump.....	53
Tabla 4.14: Parámetros iniciales del sistema NPUMP-NO	55
Tabla 4.15: Presión y altura del sistema NPUMP-NO	56
Tabla 4.16: Resultados de presión y diámetro en los tramos.....	59



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Comportamiento de un fluido en flujo entre dos placas (Fuente: Cengel y Cimbala, 2006).....	16
Figura 2.2 Presión de un fluido hacia un émbolo (Fuente: Trabajo de un fluido por R. López)	18
Figura 2.3. Presión atmosférica (Fuente: www.lageografia.com/el-clima)	18
Figura 2.4: Medición de presión (Fuente: Manual TECSUP, 2014)	19
Figura 2.5: Ecuación de Bernoulli (Fuente: Cengel Y.)	20
Figura 2.6. Energía Potencial Gravitatoria (Fuente: Pagina web)	22
Figura 2.7: Flujo en tubería (Fuente: ASHM, Aceros y Sistemas Hidráulicos). 23	
Figura 2.8: Perfil de velocidades de flujo laminar (Fuente: mecánica de fluidos- Robert Mott 6ta edición).....	24
Figura 2.9. Perfil de velocidades de flujo turbulento	24
Figura 2.10: Diagrama de Moody	26
Figura 2.11: Coeficientes de pérdidas menores	29
Figura 2.12: Sistema de tubería en serie (Fuente: Arturo Rocha Felices, Hidráulica de Tuberías y Canales).....	30
Figura 2.13. Sistema de tuberías en paralelo (Fuente: Irving Shames, 2008)	30
Figura 2.14: Tuberías ramificadas (Piping design the fundamentals)	31
Figura 2.15: Sección de la tubería ramificada (Piping design the fundamentals)	32
Figura 2.16: Sección de la tubería ramificada (Piping design the fundamentals)	32
Figura 2.17: Sección de la tubería ramificada (Piping design the fundamentals)	33
Figura 3.1: Ramificación del sistema de tuberías.	36
Figura 3.2: Ramificación del sistema de tuberías	37



ANEXOS

Anexo 1: Tabla de esfuerzos permisibles para tubería de acero, ASME B31.11

Anexo 2: Propiedades de las Tuberías de acero comercial.

Anexo 3: Registro histórico de estación Meteorológica de Pausa – SENAMHI.

Anexo 4: Resultados del software AFT Fathom 8.0

PLANOS

Plano 1: Red de Distribución de Agua en la Planta Concentradora

Plano 1: Área 0000 - Direct Facilities. Arreglo Mecánico General Plano Índice.

Plano 2: Área 0000 - Direct Facilities. Plot Plan Índice General.

Plano 3: Área 0000 - Direct Facilities. Área de Planta de Procesos.

Plano 4: Área 6100 - Almacenamiento y Distribución Agua Disposición Mecánica Planta.

Plano 5: Área 6100 - Almacenamiento y Distribución Agua Disposición Mecánica Secciones.

Plano 6: Área 6100 - Almacenamiento y Distribución Agua Disposición Mecánica Vista 3D.

Plano 7: Diagrama de Bloques Proceso General.

Plano 8: Planta de Procesos Diagrama General de Procesos.

Plano 9: Planta de Procesos Área Humeda Molienda/Clasificación/Prelixiviación.

Plano 10: Servicios Generales Almac. y Distr. de Agua 6120/6140 - Sist. de Agua Fresca/Contraincendio.

Plano 11: Almac. y Distr. de Agua 6120/6140 Sist. de Agua Fresca/Contraincendio Suministro de Agua Fresca.

Plano 12: Diagrama de Tuberías e Instrumentación Suministro de Agua Fresca.

Plano 13: Diagrama de Tuberías e Instrumentación Agua de Sello Agua Fresca.



RESUMEN

En el presente informe se ha realizado el cálculo hidráulico de una red de abastecimiento de agua específicamente el sistema de agua fresca compuesta de tres bombas en paralelo, una en funcionamiento y dos en stand by las que enviarán 87.12 m³/h de agua fresca desde el tanque de almacenamiento hacia los diversos equipos distribuidos en las áreas de la Planta Concentradora.

El sistema de agua fresca es de importancia relevante en una planta concentradora por la gran cantidad de bombas de pulpa que se tiene para el proceso las cuales trabajan de manera ininterrumpida y es necesario que estas bombas cuenten con una línea de refrigeración de los sellos de las bombas.

Esta red hidráulica ha sido conceptualizada como el almacenamiento, la aducción, la línea de impulsión y las redes secundarias que alimentan cada equipo. El sistema cuenta con las siguientes características para distribuir agua desde el tanque de almacenamiento ubicado en la cota 4,740.00 msnm, hasta la ubicación de las bombas en la cota 4,722.10 msnm, para luego ser bombeados y distribuidos hasta los diversos puntos de la planta, teniendo el punto más distante y elevado a 4,737.40 msnm y el punto más distante y menos elevado a 4,703.00 msnm. La red transportará agua fresca de 1.00 de gravedad específica, presión atmosférica de 0.56 atm. Siendo las temperaturas de la zona -22°C la mínima y 18°C la máxima, en este caso se considera la temperatura de diseño 5°C.

Respecto al transporte, la línea se ha dividido en tres tramos de tubería con diferente diámetro. El primero comprende los primeros 140 m, con un diámetro nominal de 6 in de HDPE desde el tanque de almacenamiento hasta la ubicación de las bombas; luego la línea de impulsión de ceró la carbono con una salida de 6 in y que va reduciendo el diámetro para ganar presión a los distintos puntos de abastecimiento; finalmente las líneas secundarias y las llegadas con diámetros menores a 2 in., donde se considera rangos de velocidad de 1 a 3 m/s.

El sistema tiene como límite de batería la llegada de la línea con un diámetro menor a 2 in. muy próximo al equipo y luego la conexión de la línea al equipo es mediante una manguera flexible de alta presión y resistencia.

Palabras claves: Concentradora, pulpa, refrigeración, hidráulico, sistema de agua fresca.



CAPÍTULO I – CONDICIONES GENERALES

1.1 Introducción

La Planta Concentradora de oro y plata Inmaculada se encuentra ubicada en el distrito de Oyolo, en la provincia de Paucar de Sara en la región Ayacucho, aproximadamente sobre los 4800 msnm y se encuentra en la etapa de operación.

Este proyecto denominado EPC INMACULADA tuvo el encargo en una empresa peruana el alcance del desarrollo de la ingeniería de detalle, la procura del equipamiento de la planta, la construcción de la misma, el comisionamiento y la puesta en Marcha para finalmente ser entregada al cliente para su posterior operación.

Durante la operación de esta planta está previsto una extracción de tierras de 3,840 t/d, que pasarán por un proceso de chancado, transporte, molienda y clasificación, en esta última etapa pasando por un proceso de lixiviación en tanques con agitación mecánica y con inyección de oxígeno a la pulpa, seguido de un proceso de espesadores contracorriente para producir una solución rica y un relave lavado. La solución rica es enviada a una planta Merrill Crowe para producir un precipitado que contiene los metales preciosos. Todo este proceso para obtener las siguientes leyes de cabeza: 3.4 g de oro y 120 g de plata por tonelada de material extraído.

Como resultado de la operación de la planta requerirán caudales de diversos fluidos como son aguas, reactivos, floculantes, aires, etc. y se generarán caudales de pulpas, aguas de proceso, de relaves, etc. y todos estos fluidos estarán presentes en distintas etapas y áreas del proceso cada uno operando en simultaneo y con caudales diferentes.

Estos sistemas de tuberías transportarán los diversos fluidos haciendo uso de la gravedad y de sistemas de bombeo, es por eso importante estudiar el proceso de una planta concentradora de manera que se pueda realizar un correcto montaje e instalación de las diferentes tuberías que agrupan los diversos sistemas dentro de la planta que asegure una buena operación, prevenga posibles colapsos que desencadene daños irreparables al Proyecto y al medio ambiente.

El proceso de transporte de estos caudales requiere del diseño, la selección y la instalación de un sistema de tuberías, que es el objetivo de este informe profesional pretende atender.

1.2 Antecedentes

Lopez Bonilla, Joel Martin (2014), Desarrollo la tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, titulado Diseño Hidráulico de un Sistema Gravimétrico para Relaves Mineros con un Caudal de 202 m³/h y 220 m de Desnivel. Este trabajo ha sido desarrollado para un flujo no newtoniano como es la pulpa o lodo y no para un fluido newtoniano, pero concluye que: la velocidad crítica de sedimentación y las pérdidas de presión, la determinación del material de la tubería, considerando su resistencia mecánica



y abrasiva y la selección de los accesorios en cada etapa del sistema hidráulico tienen una gran influencia en el funcionamiento del sistema diseñado.

Méndez Dávila, Cesar Augusto (2012), Desarrolló la tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico de la Facultad de ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional del Centro del Perú, titulado Sistema de Bombeo de Agua de Mina para un Caudal de 1000 L/S Altura Estática de 150 Mts. en el Nv. 3990 U.E.A. Uchucchacua de la Cía. de Minas Buenaventura S.A.A. Donde concluye que: La selección del diámetro adecuado de la tubería de descarga y del tipo apropiado de las válvulas y accesorios y su conveniente disposición tienen una gran influencia en el rendimiento de las bombas y en el costo de la instalación.

Ártica Mercado, Robert Alejandro (2009), realizo informe de experiencia profesional para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico de la Facultad de ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional del Centro del Perú, titulado Optimización del Sistema de Bombeo, Interior Mina, Unidad Chungar. Entre sus conclusiones más importantes detalla que: Para la selección de un equipo de bombeo se debe tener en cuenta una determinada longitud de tubería y sus correspondientes accesorios, con la finalidad de alcanzar una altura dinámica razonable y así permitir que la bomba opere dentro de los parámetros de diseño. En casos reales de instalación se debe buscar reducir las pérdidas por fricción y por accesorios al mínimo, lo que nos permitirá tener un punto óptimo de operación. Debido a la variación en las condiciones de operación, se vio conveniente utilizar tubería de acero al carbono en la línea de succión y de descarga que ofrecen mayor resistencia a las cargas que las tuberías en PVC.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

El objetivo general de este informe profesional es realizar el cálculo hidráulico de la red de tuberías de agua del Sistema de Agua Fresca, para satisfacer los requerimientos de los procesos de la Planta Minera Inmaculada.

1.3.2 Objetivos específicos

- a. Elaborar el esquema de la red de distribución a calcular, indicando claramente las líneas principales, líneas secundarias y tramos de cálculo.
- b. Realizar el cálculo hidráulico de la red de agua, determinando los diámetros de cada tramo de tubería en la red.
- c. Cálculo de la potencia hidráulica de la bomba.



1.4 Motivación

Unas de las principales formas y más usada para el transporte de un fluido es mediante un sistema de tuberías, ya sea lineal, en serie o en Branch (la que veremos en el presente estudio). La sección transversal circular es ideal para este tipo de transporte ya que en ellas son más estables las moléculas del fluido al estar en movimiento y así evitar la menor cantidad de pérdida posible de energía.

Muy pocos problemas de mecánica de fluidos, por ejemplo flujo laminar en tuberías, pueden ser resueltos con las ecuaciones convencionales, los demás necesitan resolución basado en coeficientes determinados experimentalmente (por ejemplo el de Hazen Williams) pero esto a su vez sólo sirve para ciertos casos particulares, por ello debemos recurrir a las ecuaciones que explicaremos más adelante como la ecuación de Colebrook-White, el cual es graficado en el Diagrama de Moody o la ecuación de Darcy-Weisbach.

El trabajo que se presenta, es parte de la experiencia profesional del autor, ya que participó directamente en el desarrollo de este trabajo, que tiene una relación muy íntima con la mecánica de fluidos, involucrando conocimiento de los cursos de dinámica de fluidos, flujo turbulento, hidráulica, turbo máquinas, bombas, entre otros.

1.5 Limitaciones del tema

El presente trabajo, se realiza el análisis hidráulico de la red de abastecimiento de agua para las operaciones mineras y aspectos del diseño hidráulico, mas no se toca cuestiones medioambientales, de costos y presupuestos.



CAPÍTULO II-FUNDAMENTOS TEÓRICO

2.1 Introducción a la mecánica de fluidos.

- Fluido: Es toda sustancia que al aplicarle fuerza cortante o fuerza tangencial tiende a deformarse. Gran parte de los fluidos están conformados por líquidos y gases; donde los líquidos toman la forma del recipiente en donde se encuentran, mientras que los gases no tienen volumen ni forma definida.
- Mecánica de fluidos: La mecánica de fluidos es la disciplina del amplio campo de la mecánica aplicada que estudia el comportamiento de líquidos y gases en reposo (hidrostática) o en movimiento (hidrodinámica), así como las fuerzas que lo provocan.
- Aplicación de la mecánica de fluidos: La mecánica de fluidos tiene un papel importante en el desarrollo del ser humano, mediante el estudio de su comportamiento podemos aprovechar el fluido (líquido o gas) para el desarrollo tecnológico, por ejemplo; el diseño de un canal, el diseño de una red tuberías para la distribución de agua o gas, diseño de sistemas de aire acondicionado, ventilación, sistemas contra incendios, etc.

2.2 Sistema internacional de unidades.

El sistema internacional de unidades (SI) consta de siete magnitudes y siete unidades fundamentales que se contienen en la siguiente tabla:

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES		
MAGNITUD FÍSICA	UNIDAD	
LONGITUD	Metro	m
MASA	Kilogramo	kg
TIEMPO	Segundo	s
TEMPERATURA	Kelvin	K
INTENSIDAD DE CORRIENTE ELÉCTRICA	Amperio	A
INTENSIDAD LUMINOSA	Candela	cd
CANTIDAD DE SUSTANCIA	Mol	mol

Tabla 2.1: Sistema internacional de unidades (Humberto Leyva Naveros, física I)

2.3 Propiedades de los fluidos.

Las propiedades definen el comportamiento y características de los fluidos tanto en reposo como en movimiento.



2.3.1 Densidad.

La densidad es la cantidad de masa de una sustancia por unidad de volumen. Por consiguiente, se define como:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.1)$$

Donde:

ρ : Densidad ($\frac{Kg}{m^3}$)

m : Masa (Kg)

V : Volumen (m^3)

La densidad de una sustancia depende de la temperatura y la presión a la cual es sometida.

2.3.2 Peso específico.

Es el peso de una sustancia por unidad de volumen:

$$\gamma = \frac{W}{V} = \rho \times g \quad (2.2)$$

Donde:

γ : Peso específico ($\frac{Kg}{m^2 s^2}$).

W : Peso (N) .

V : Volumen (m^3).

ρ : Densidad ($\frac{Kg}{m^3}$).

g : Gravedad ($\frac{m}{s^2}$).

2.3.3 Densidad relativa.

Es la relación entre la masa de algún fluido (absoluta) a la masa de un mismo volumen de alguna sustancia estándar, para líquidos es agua destilada a presión atmosférica y 4°C (referencia).

La densidad relativa viene a ser una magnitud adimensional.

$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_o} \quad (2.3)$$

ρ_r : Densidad relativa.



ρ : Densidad absoluta ($\frac{Kg}{m^3}$).

ρ_o Densidad de referencia ($\frac{Kg}{m^3}$).

2.3.4 Volumen específico.

El volumen específico en el SI es el recíproco de la densidad absoluta.

$$v = \frac{1}{\rho} \quad (2.4)$$

Donde:

v : Volumen específico ($\frac{m^3}{Kg}$).

ρ Densidad ($\frac{Kg}{m^3}$).

2.3.5 Viscosidad.

La viscosidad es la resistencia que tienen las moléculas que conforman un líquido para separarse unas de otras, es decir, es la oposición de un fluido a deformarse y esta oposición es debida a las fuerzas de adherencia que tienen unas moléculas de un líquido o fluido con respecto a las otras moléculas del mismo líquido.

En general, se definen dos tipos de viscosidad: La viscosidad dinámica y la viscosidad cinemática.

a. Viscosidad dinámica (μ).

Conocida como viscosidad absoluta, está expresada en el SI como $Pa \times s$ o también conocida como Newton segundo por metro cuadrado ($N \times s / m^2$).

Cuando un fluido se mueve, se desarrolla en él una tensión de corte, cuya magnitud depende de la viscosidad el fluido. La tensión de corte (τ) puede definirse como la fuerza requerida para deslizar una capa de área unitaria de una sustancia sobre otra capa de la misma sustancia. En un fluido como el agua, el aceite, el alcohol, o cualquier otro líquido común, encontramos que la magnitud de la tensión de corte es directamente proporcional al cambio de velocidad entre diferentes posiciones del fluido.

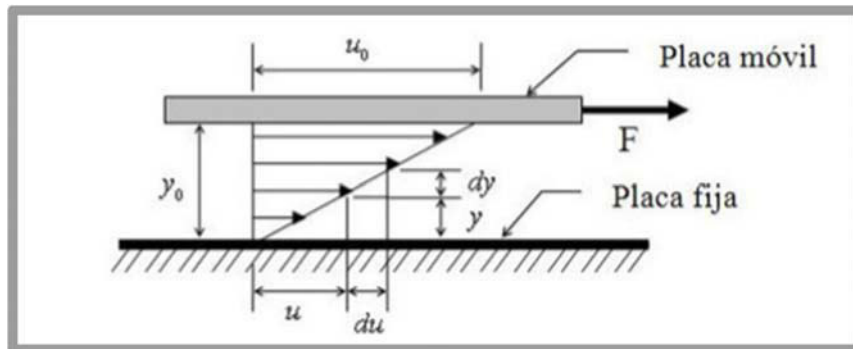


Figura 2.1. Comportamiento de un fluido en flujo entre dos placas (Fuente: Cengel y Cimbala, 2006)

Esto indica que la velocidad con que se desplaza la placa superior es proporcional a la fuerza aplicada.

- En un fluido ideal la viscosidad es cero $\mu = 0$
- En un fluido real la viscosidad toma un valor finito $\mu > 0$
- En un sólido la viscosidad tiende al infinito $\mu \approx \infty$

Una condición fundamental que se presenta cuando un fluido real está en contacto con una superficie frontera, es que el fluido tiene la misma velocidad que la frontera. En la figura 1 entonces, el fluido que está en contacto con la superficie inferior tiene velocidad (u). Si la distancia entre las dos superficies es pequeña, entonces la rapidez de cambio de velocidad con respecto de la posición (y) es lineal. Esto es, varía como una línea recta.

El gradiente de velocidad es una medida del cambio de velocidad y se define como $\Delta v / \Delta y$. También se le conoce como rapidez de corte. El hecho de que la tensión de corte del fluido es directamente proporcional al gradiente de velocidad puede establecerse como:

$$\tau = \mu \left(\frac{du}{dy} \right) \quad (2.5)$$

La definición de viscosidad dinámica puede ser derivada de la ecuación (2.5) despejando μ .

$$\mu = \frac{\tau}{\left(\frac{du}{dy} \right)} = \tau \left(\frac{dy}{du} \right) \quad (2.6)$$



b. Viscosidad cinemática ν .

Es el cociente entre la viscosidad dinámica y la densidad. En el sistema internacional SI la unidad de viscosidad cinemática es metro cuadrado por segundo (m^2 / s).

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (2.7)$$

Donde:

ν : Viscosidad cinemática ($\frac{N \times s}{m^2}$).

μ : Viscosidad dinámica ($\frac{m^2}{s}$).

ρ : Densidad ($\frac{Kg}{m^3}$)

En general, la viscosidad dinámica (μ) no depende de la presión, pero la viscosidad cinemática (ν) si depende de la presión.

2.3.6 Presión.

Se define la presión como el cociente entre la fuerza normal sobre una superficie y el área de dicha superficie.

Para un cuerpo sólido en equilibrio la fuerza normal es el peso (W).

$$P = \frac{W}{A} \quad (2.8)$$

Donde:

P : Presión ($\frac{N}{m^2}$).

W : Peso (N)

A : Área (m^2)

- La presión en un punto de un fluido en reposo es igual en todas las direcciones (principio de Pascal).
- La presión en todos los puntos situados en un mismo plano horizontal en el seno de un fluido en reposo es la misma.
- En un fluido en reposo la fuerza de contacto que ejerce en el interior de un fluido una parte del fluido sobre la otra contigua al mismo tiene la dirección normal a la superficie de contacto.
- La fuerza de la presión en un fluido en reposo se dirige siempre hacia el interior del fluido, es decir, es una compresión, jamás una tracción.
- La superficie libre de un fluido en reposo siempre es horizontal.

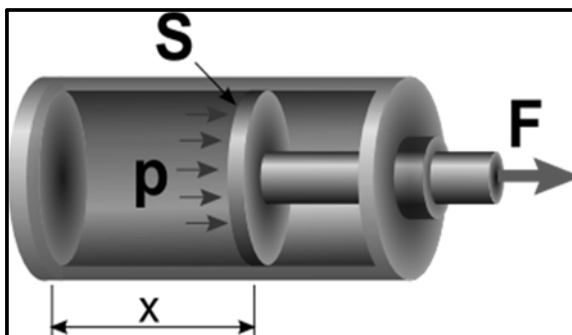


Figura 2.2 Presión de un fluido hacia un émbolo (Fuente: Trabajo de un fluido por R. López)

2.3.7 Presión atmosférica.

Sobre la superficie libre de un líquido reina la presión del aire o gas que sobre ella existe. Esa presión puede adquirir un valor cualquiera en un recipiente cerrado, pero si el recipiente está abierto, sobre la superficie libre del líquido se encuentra la presión atmosférica.

La presión atmosférica varía con la temperatura y altitud. La presión media normal a 0 °C y al nivel del mar es de 1.01325 bar.



Figura 2.3. Presión atmosférica (Fuente: www.lageografia.com/el-clima)

2.3.8 Presión absoluta y presión relativa.

La presión en cualquier sistema de unidades se puede expresar como relativa o absoluta.

Las presiones absolutas se miden con relación al 0 absoluto (vacío total) y las presiones relativas con respecto a la atmósfera.



Cuando se realizan cálculos que implican la presión de un fluido, se debe hacer la medición en relación con alguna presión de referencia. Normalmente la presión de referencia es la de la atmósfera, y la presión resultante que se mide se conoce como presión manométrica (presión relativa).

La ecuación relaciona los dos sistemas de medición de presión:

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{man} \quad (2.9)$$

Donde:

P_{abs} : Presión absoluta.

P_{atm} : Presión atmosférica.

P_{man} : Presión relativa.

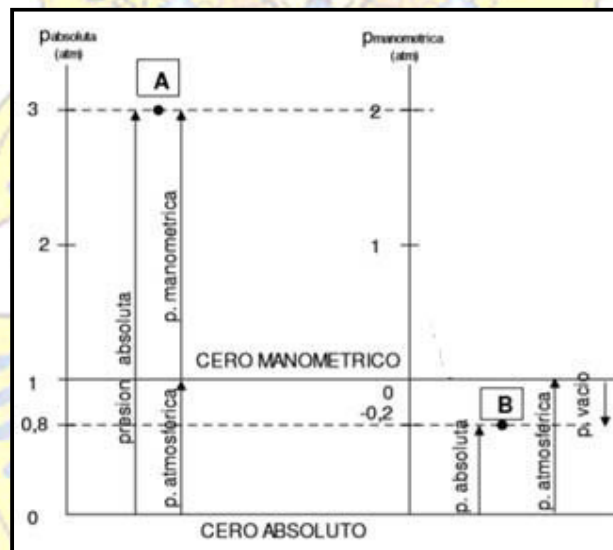


Figura 2.4: Medición de presión (Fuente: Manual TECSUP, 2014)

2.4 Hidrodinámica

Es el estudio de los líquidos en movimiento.

2.4.1 Ecuación fundamental de la hidrodinámica o de Bernoulli.

El teorema de Bernoulli es una forma de expresión de la ley de conservación de energía, en donde la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de todo su recorrido.

La energía total en un punto cualquiera por encima de un plano horizontal arbitrario fijado como referencia es igual a la suma de la altura geométrica, la altura debida a la presión y la altura debida a la viscosidad (sin pérdida de cargas) es decir:



$$\frac{1}{2} \rho V_1^2 + \rho g h_1 + P_1 = \frac{1}{2} \rho V_2^2 + \rho g h_2 + P_2 \quad (2.10)$$

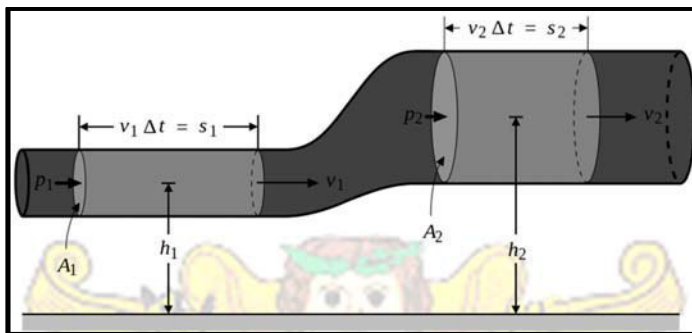


Figura 2.5: Ecuación de Bernoulli (Fuente: Cengel Y.)

Sin embargo, tendríamos que agregarle las pérdidas ocasionadas por la fricción que existe entre el fluido y la tubería y las pérdidas ocasionadas por el ensanchamiento brusco de la tubería.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_f + h_m \quad (2.11)$$

Donde h_f y h_m son las pérdidas por fricción y pérdidas secundarias respectivamente (lo veremos detalladamente más adelante).

2.5 Definición de caudal.

Es la cantidad de fluido que atraviesa a lo largo de una sección transversal, la más usada es la circular, tenemos 2 tipos de caudales:

2.5.1 Caudal volumétrico (m^3 / s).

Es el volumen del fluido que circula a través de una sección transversal por unidad de tiempo.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2.12)$$

Donde:

Q : Caudal volumétrico ($\frac{m^3}{s}$).

V : Velocidad ($\frac{m}{s}$).

t : Tiempo (s).



2.5.2 Caudal másico (Kg / s).

Es la cantidad de masa por unidad de tiempo que fluye a través de una sección transversal.

$$Q = \rho \frac{V}{t} \quad (2.13)$$

Donde:

Q : Caudal másico ($\frac{Kg}{s}$).

ρ : Densidad ($\frac{Kg}{m^3}$).

V : Velocidad ($\frac{m}{s}$).

t : Tiempo (s).

2.6 Ecuación de continuidad.

La ecuación de continuidad o también llamado conservación de la masa tiene un papel muy importante para el análisis de fluidos que fluyen en tubos o ductos con diámetro variable.

La velocidad del fluido varía con respecto al cambio del área transversal del tubo o ducto de una sección a otra.

$$Q = V A \quad (2.14)$$

Donde:

Q : Caudal volumétrico ($\frac{m^3}{s}$).

A : Área de la sección transversal de la tubería (m^2).

2.7 Fuerzas que actúan sobre un fluido.

- La fuerza de la gravedad. (la ejerce la tierra con su atracción).
- La fuerza causada por la diferencia de presiones.
- La fuerza de la viscosidad es nula en el fluido ideal por lo contrario se toma en cuenta por la pérdida que esta ejerce al friccionarse con las paredes del ducto que lo contiene.
- La fuerza de la elasticidad. No aplica en un flujo incompresible.
- La tensión superficial juega un papel poco importante.



2.8 Clasificación de las energías para flujo incompresible.

La energía antiguamente se definió como la capacidad de un cuerpo de realizar trabajo mecánico o producir un cambio, y se manifiesta cuando pasa de un cuerpo a otro. Posteriormente se demostró la equivalencia del calor y trabajo mecánico.

La energía es el resultado del movimiento de un cuerpo en relación a las fuerzas que actúan sobre ella.

La energía puede revestir de muchas formas que, según la ley universal de la conservación de la energía o primer principio de la termodinámica, pueden transformarse de una a otras.

2.8.1 Energía potencial gravitatoria.

La energía potencial gravitatoria es igual al trabajo que la fuerza de gravedad puede ejercer cuando su altura descende de Z_1 a Z_2 . Las alturas se refieren, lo mismo que en hidrostática, a un plano referencia $Z=0$, siendo la fuerza de gravedad igual al peso de fluido.

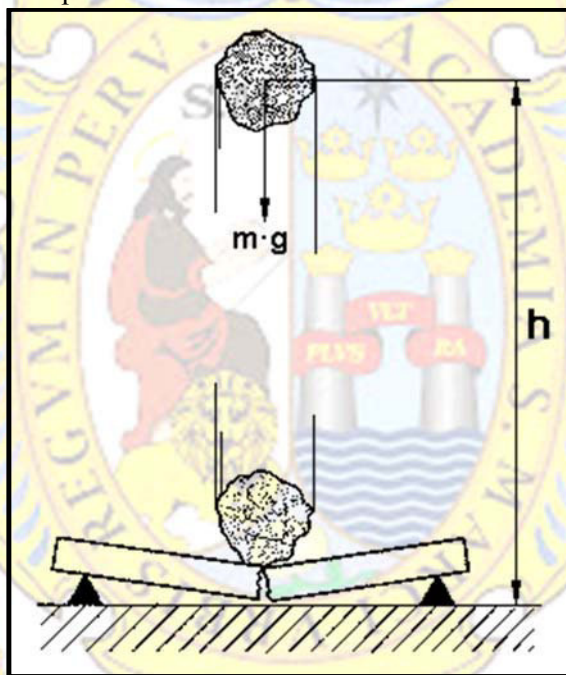


Figura 2.6. Energía Potencial Gravitatoria (Fuente: Pagina web)

$$E_p = mgh \quad (2.15)$$

Donde:

E_p : Energía potencial gravitatoria (J).

m : Masa (Kg).

g : Aceleración de la gravedad ($\frac{m}{s^2}$)

h : Altura (m)



2.8.2 Energía de presión.

La energía de presión viene dada por:

$$E_{\text{presión}} = P \frac{m}{\rho} \quad (2.16)$$

Donde:

P : Presión (Pa).

m : Masa (Kg).

ρ : Densidad ($\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$).

2.8.3 Energía cinética.

La energía cinética es ocasionada por la velocidad del fluido y su respectiva masa:

$$E_c = \frac{1}{2} m V^2 \quad (2.17)$$

Donde:

E_c : Energía cinética (J).

m : Masa (Kg).

V : Velocidad ($\frac{\text{m}}{\text{s}}$)

2.9 Resistencia de los fluidos en general

2.9.1 Introducción.

Por el principio de acción y reacción el cuerpo ejerce sobre el fluido una fuerza igual y de sentido contrario a la que el fluido ejerce sobre el sólido. Es decir, el fenómeno de la resistencia que un sólido experimenta al moverse en un fluido es fundamentalmente igual al de la resistencia que un fluido experimenta al moverse en el interior de un sólido, como por ejemplo en una tubería.

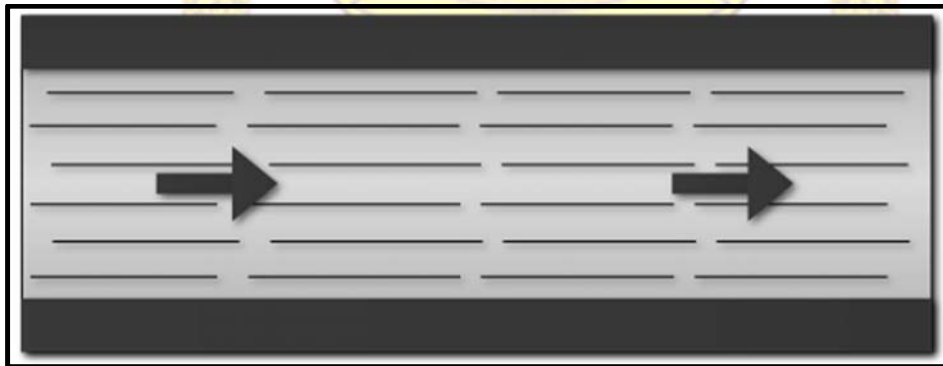


Figura 2.7: Flujo en tubería (Fuente: ASHM, Aceros y Sistemas Hidráulicos)



2.9.2 Régimen laminar y turbulento.

Consideremos en primer lugar la corriente de un fluido muy viscoso, por ejemplo, aceite lubricante, a pequeña velocidad, por una tubería de pequeño diámetro y de sección constante en régimen permanente: Este movimiento permanente y uniforme, es un movimiento laminar.

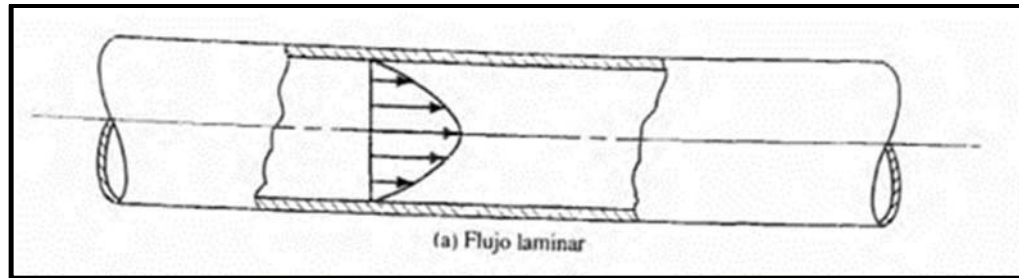


Figura 2.8: Perfil de velocidades de flujo laminar (Fuente: mecánica de fluidos-Robert Mott 6ta edición)

Ahora consideremos en segundo lugar la corriente de un fluido poco viscoso, por ejemplo, agua, a gran velocidad, por una tubería de gran diámetro y de sección constante. Este movimiento permanente y uniforme es un movimiento turbulento.

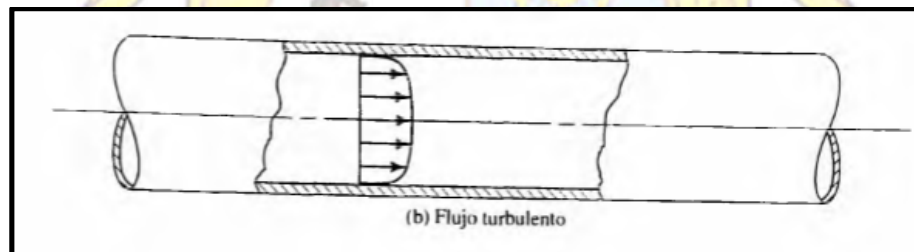


Figura 2.9: Perfil de velocidades de flujo turbulento (Fuente: mecánica de fluidos-Robert Mott 6ta edición)

El flujo laminar o flujo turbulento pueden ser diferenciados con el parámetro número de Reynolds (Re) que lo veremos en el siguiente punto.

- Para flujos laminares: $Re < 2000$
- Para flujos en transición: $2000 < Re < 4000$
- Para flujos turbulentos: $Re > 4000$

2.10 El número de Reynolds (Re).

El número de Reynolds es un número adimensional, cociente de una fuerza de inercia por una fuerza de viscosidad que mide el influjo relativo de ésta última. Un número de Reynolds grande implica un influjo de la viscosidad pequeña y viceversa. Teniendo en los fenómenos de resistencia un papel decisivo en que el flujo sea laminar, turbulento o en transición (como ya lo detallamos en el cuadro anterior).



$$Re = \frac{VD}{\nu} \quad (2.18)$$

Donde:

V : Velocidad $(\frac{m}{s})$.

D : Diámetro (m) .

ν : Viscosidad cinemática $(\frac{m^2}{s})$.

2.11 Fórmula de Darcy-Weisbach (1845).

La ecuación de Darcy-Weisbach nos permite hallar la pérdida de carga debido a la fricción de un fluido dentro de una tubería llena.

El flujo de fluidos en tuberías está siempre acompañado de rozamiento de las partículas de fluido entre sí y, consecuentemente, por la pérdida de energía disponible, es decir, tiene que existir una pérdida de presión en el sentido del flujo.

La ecuación general de Darcy-Weisbach es válida tanto para flujo laminar o flujo turbulento de cualquier líquido en una tubería. Sin embargo, puede suceder que debido a velocidades extremas (flujo turbulento), la presión aguas abajo disminuya de tal manera que llegue a igualar a la presión de vapor del líquido, apareciendo el fenómeno conocido como cavitación y los caudales obtenidos por el cálculo serán inexactos.

- Fórmula de Darcy-Weisbach.

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad (2.19)$$

Donde:

h_f : Pérdida por fricción (m) .

f : Factor de fricción.

L : Longitud de tubería (m) .

V : Velocidad de fluido (m/s) .

D : Diámetro (m) .

g : Gravedad $(\frac{m}{s^2})$



2.12 Ecuación de Colebrook - White (1937-1939).

La ecuación de Colebrook-White ha sido planteada en el diagrama de Moody que lo mostraremos en el siguiente punto.

Esta ecuación nos sirve para hallar el coeficiente de fricción f , ya que es f una variable implícita, ésta se puede desarrollar mediante un método iterativo (método de Newton Raphson) el cual se encuentra desarrollado en una hoja de Excel en el presente estudio.

$$\frac{1}{f} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right) \quad (2.20)$$

Donde:

- f : Coeficiente de fricción
- ε : Coeficiente de rugosidad (m)
- D : Diámetro de la tubería (m)
- Re : Número de Reynolds'

2.13 Diagrama de Moody (1944).

Diagrama de Moody fue planteada para hallar el factor de fricción f sabiendo su Número de Reynolds y su rugosidad relativa (ε/D).

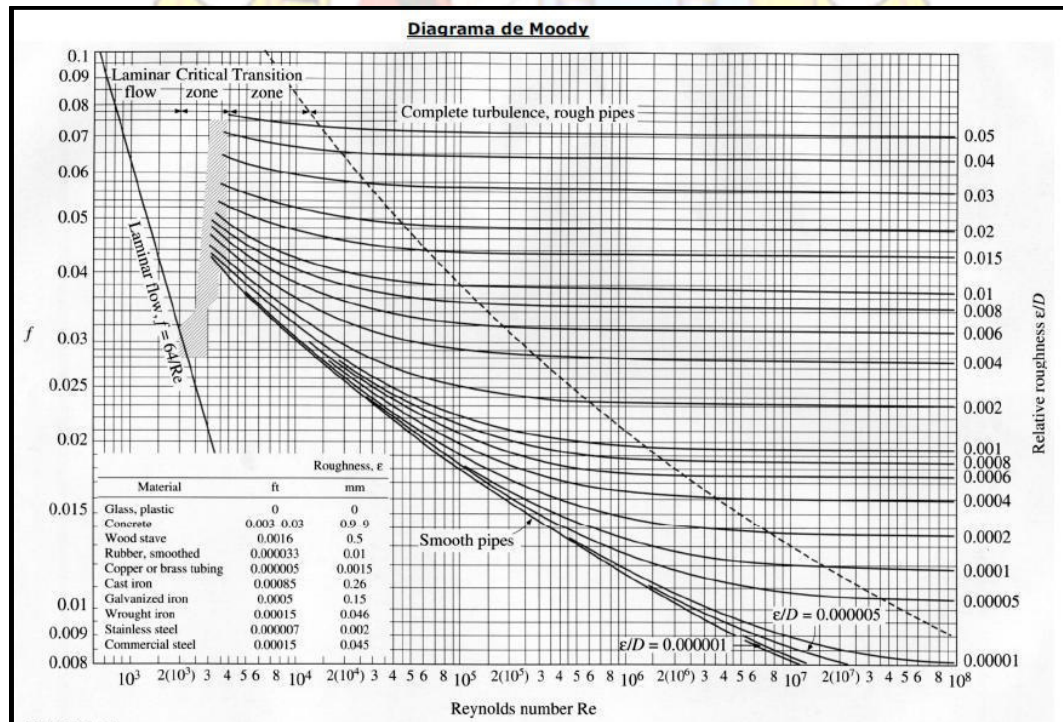


Figura 2.10: Diagrama de Moody (Fuente: Cengel y Cimbala, 6ta edición)



2.14 Resistencia a la superficie: pérdidas primarias en conductos cerrados o tuberías

2.14.1 Introducción a pérdidas primarias.

Pérdidas primarias o también llamadas pérdidas por fricción, son pérdidas de energía del fluido debido a la viscosidad, ocasionado por el rozamiento con las paredes de ducto, en este caso la tubería.

2.14.2 Ecuación general de las pérdidas primarias: ecuación de Darcy-Weisbach.

A fines del siglo pasado experimentos realizados con tuberías de agua con diámetro constante demostraron que la pérdida de carga era directamente proporcional al cuadrado de la velocidad media en la tubería y a la longitud de la tubería e inversamente proporcional al diámetro de la misma.

Como ya lo vimos anteriormente la formula se muestra a continuación:

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad (2.21)$$

Donde:

h_f : Pérdida por fricción (m).

f : Factor de fricción

L : Longitud de tubería (m).

V : Velocidad de fluido ($\frac{m}{s}$)

D : Diámetro (m)

g : Gravedad ($\frac{m}{s^2}$)

2.15 Cálculo del coeficiente de fricción “ f ”.

Para un flujo laminar:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (2.22)$$

Para un flujo turbulento: Es la ya expresada ecuación de Colebrook-White.



2.16 Resistencia de forma: Pérdidas secundarias con conductos cerrados o tuberías.

2.16.1 Introducción de pérdidas secundarias.

Las pérdidas secundarias también llamadas pérdidas locales o pérdidas menores se deben a los cambios bruscos de velocidad y dirección de la velocidad del flujo debido al ensanchamiento de la tubería.

$$h_m = k \frac{V^2}{2g} \quad (2.23)$$

Donde:

h_m : Pérdida secundaria (m) .

k : Coeficiente de pérdidas singulares.

g : Gravedad ($\frac{m}{s^2}$)

2.16.2 El coeficiente k.

El coeficiente k depende del tipo de accesorio por el cual el fluido tendrá un cambio de dirección y velocidad. Pueden ser:

- Salida brusca y suave en un depósito.
- Ensanchamientos bruscos y suaves.
- Contracciones bruscas y suaves.
- Tees.
- Codos.
- Válvulas
- Válvulas de compuertas.
- Válvulas de mariposa.
- Válvula de macho.



Nº de diámetros (L/D) y coeficientes K para diferentes accesorios

Accesorios			Diámetro nominal											
			1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2-3	4	6	8-10	12-16	18-24
		L/D	Valores de K											
Válv.de compuerta(abierta)		8	0.22	0.2	0.18	0.18	0.15	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.1	0.1
Válv.de globo(abierta)		340	9.2	8.5	7.8	7.5	7.1	6.5	6.1	5.8	5.1	4.8	4.4	4.1
Válv.de retención horizontal(check)		100	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2
Válv.de retención horizontal oscilatoria(check)		50	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.75	0.7	0.65	0.6
Válv.de pie de disco(de huso)con colador		420	11.3	10.5	9.7	9.3	8.8	8.0	7.6	7.1	6.3	5.9	5.5	5.0
Válv.de pie de disco con bisagra		75	2	1.9	1.7	1.7	1.7	1.4	1.4	1.3	1.1	1.1	1.0	0.9
Codos estándar	90°	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
	45°	16	0.43	0.4	0.37	0.35	0.34	0.3	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	90° radio largo	16	0.43	0.4	0.37	0.35	0.34	0.3	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	180°	50	1.35	1.25	1.15	1.10	1.05	0.95	0.9	0.85	0.75	0.7	0.65	0.6
Curvas de 90°		20	0.54	0.5	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.3	0.28	0.26	0.24
T en línea (con derivación en la línea principal y lateral cerrada)		20	0.54	0.5	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.3	0.28	0.26	0.24
T en línea (con circulación por derivación)		60	1.62	1.5	1.38	1.32	1.26	1.14	1.08	1.02	0.9	0.84	0.78	0.72

Adaptación de: Cameron Hydraulic data

$$\text{Longitud equivalente} = L/D \times D = n^{\circ}D \times D$$

Figura 2.11: Coeficientes de pérdidas menores (Fuente: Cameron Hydraulic Data)

2.17. Redes De Distribución

2.17.1 Introducción de redes de distribución.

Las aplicaciones de las ecuaciones estudiadas hasta el momento son muy útiles para el cálculo de diseño de tuberías, como ya se mencionó, no sólo en el cálculo de redes de suministro urbano de agua y gas, y los proyectos de viviendas; sino también en los conductos de refrigeración y aire acondicionado, en los proyectos de plantas industriales, refinerías, proyectos de los diferentes tipos de fluido que llevan los aviones modernos: Aire, agua, gasolina, aceite, proyectos de transmisiones y controles hidráulicos.

2.17.2 Tuberías en serie.

Está formada por un conjunto de tuberías conectadas una después de otra, teniendo igual o diferente diámetro, pero comparten el mismo caudal.

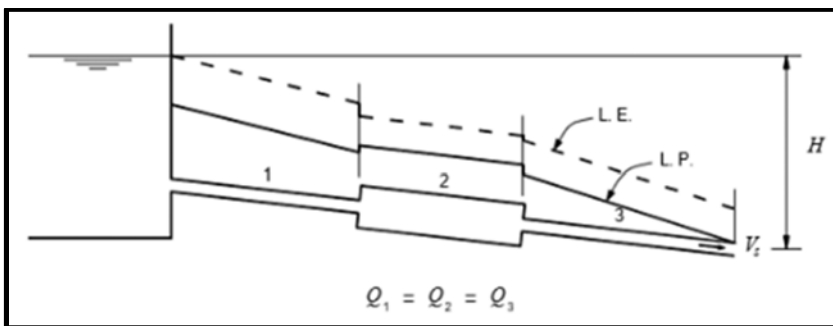


Figura 2.12: Sistema de tubería en serie (Fuente: Arturo Rocha Felices, Hidráulica de Tuberías y Canales)

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 = cte$$

$$V_1 \frac{D_1^2}{4} = V_2 \frac{D_2^2}{4} = V_3 \frac{D_3^2}{4} = cte$$

- En efecto, el caudal que circula por los tramos 1, 2 y 3 de diámetros D_1 , D_2 y D_3 es el mismo.
- La pérdida total es igual a la suma de las pérdidas iguales.
- Se cumple la ecuación de continuidad.

3.17.3 Tuberías en paralelo.

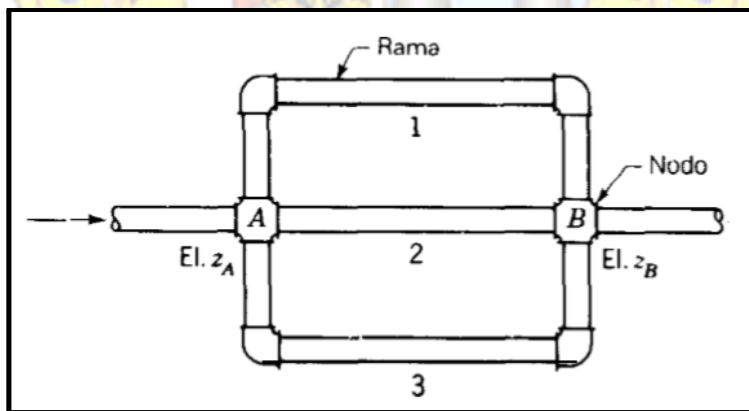


Figura 2.13. Sistema de tuberías en paralelo (Fuente: Irving Shames, 2008)

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = cte$$

$$H_r = H_{r1} = H_{r2} = H_{r3} = cte$$

- En efecto, el caudal total se reparte entre toda la tubería.



La presión al comienzo PA y al final PB de cada rama es la misma para todas las ramas, luego la caída de altura de presión (diferencia de lectura de presión en el piezómetro, H_f será igual a todas las ramas

2.17.4 Tuberías ramificadas (branch).

El sistema de tuberías ramificadas o también llamadas branch es la cual vamos a aplicar más adelante para el diseño de tuberías de una red de refrigeración de agua fresca.

A continuación, la figura siguiente nos muestra el ingreso del caudal QJ_1 cuyo valor va a ser repartido a lo largo del sistema dependiendo:

- Diámetros de tubería de cada tramo.
- Longitud de cada tramo.
- Presión manométrica.
- Pérdidas hidráulicas.
- Viscosidad cinemática del fluido.
- Coeficiente de rugosidad del material de la tubería.
- Velocidad del fluido a través de la tubería.

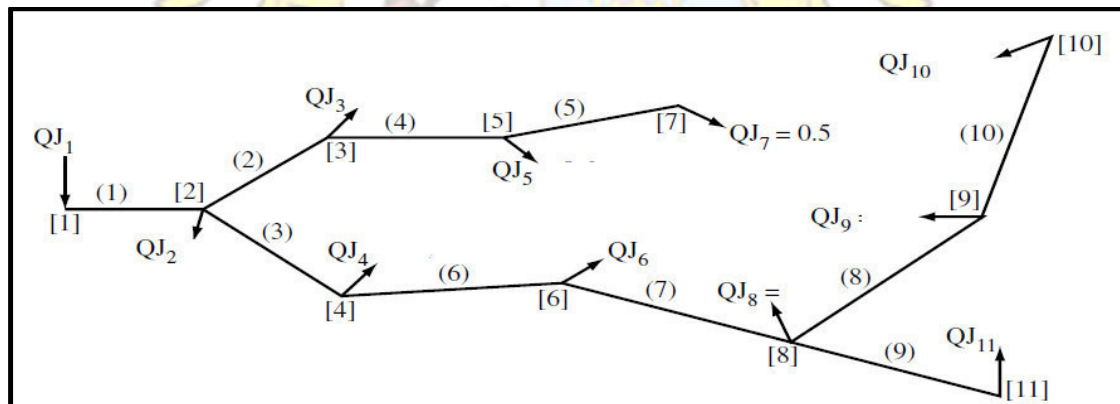


Figura 2.14: Tuberías ramificadas (Piping design the fundamentals)

Para el desarrollo de estos tipos de problemas tenemos que seguir los siguientes pasos:

- a. Examinar la red e identificar los nodos que solo contiene una tubería conectada hacia ellos y asigne el caudal correspondiente para cada tubería que demanda cada nodo.
- b. Modifica la demanda en el nodo según la descarga final de este de tal manera que refleje la demanda original de caudal en la tubería simplificando así el número de branch en el sistema.
- c. Repetir los pasos a y b hasta obtener los caudales correspondiente en cada tramo.



Siguiendo las indicaciones anteriores tenemos:

$$Q_1 = Q_{J1}$$

$$Q_5 = Q_{J7}$$

$$Q_{10} = Q_{J10}$$

$$Q_9 = Q_{J11}$$

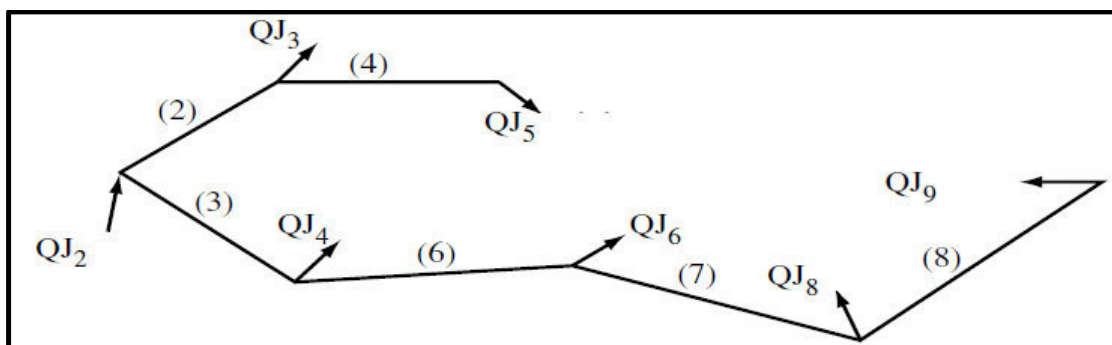


Figura 2.15: Sección de la tubería ramificada (Piping design the fundamentals)

Luego:

$$Q_4 = Q_{J5}$$

$$Q_8 = Q_{J9}$$

$$Q_2 = Q_{J3} + Q_4$$

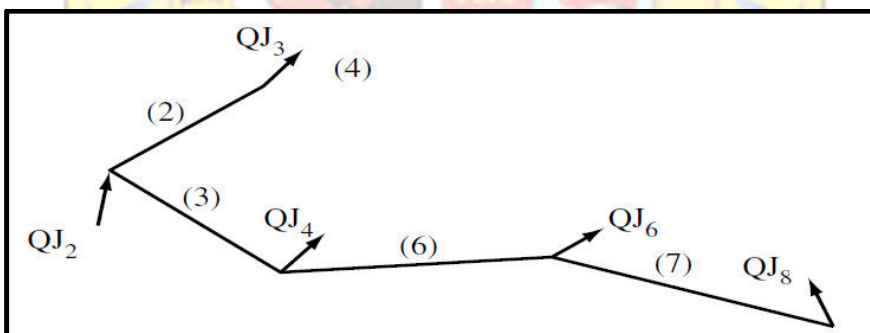


Figura 2.16: Sección de la tubería ramificada (Piping design the fundamentals)

Por último reduciendo el sistema nos queda:

$$Q_3 = Q_{J2} + Q_2$$

$$Q_6 = Q_{J6} + Q_7$$

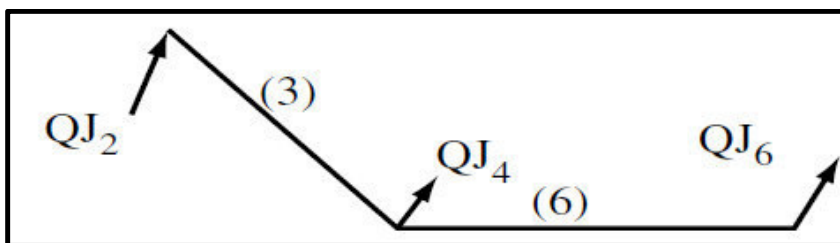


Figura 2.17: Sección de la tubería ramificada (Piping design the fundamentals)

Obteniendo así toda la distribución de los caudales en cada tramo de tubería procedemos a desarrollar cada tramo con las ecuaciones estudiadas de Bernoulli y Colebrook-White.

Para el cálculo de diámetro se resuelve por método iterativo teniendo en cuenta el valor de la presión que puede soportar cada tubería, ésta tiene que ser cercana a la solicitada en la tabla 3.1 presión requerida por cada equipo y a su vez el diámetro debe de ser el menor posible para evitar su alto costo.

La siguiente tabla muestra la incógnita, las incógnitas tácitas y los datos para este cálculo hidráulico.

Variables para la solución de problemas	
Q (Caudal)	Dato
ε (Rugosidad)	Dato
Z (Altura hidráulica)	Dato
L (Longitud)	Dato
ν (Viscosidad cinemática)	Dato
f (Factor de fricción)	Incógnita tácita
V (Velocidad)	Incógnita tácita
h_f (Pérdida por fricción)	Incógnita tácita
h_m (Pérdidas menores)	Incógnita tácita
D (Diámetro)	Incógnita

Tabla 2.2: Variables para solución de problemas (Elaboración propia)

Quedando la ecuación de Bernoulli de la siguiente manera:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + \frac{Pot}{\gamma Q} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \left(\frac{8LQ^2}{\pi^2 g}\right)\left(\frac{f}{D^5}\right) + \left(\frac{8Q^2 k}{\pi^2 g}\right)\left(\frac{1}{D^4}\right) \quad (2.24)$$

Teniendo como incógnita el diámetro y como incógnita tácita el f , V , h_f y h_m .



CAPÍTULO III-DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

3.1 Descripción de la red.

El presente informe profesional tiene como objetivo determinar las condiciones de operación del Sistema de Bombeo, compuesto por una sola bomba, la que enviará Agua Fresca desde el tanque de dicho sistema hacia los diversos equipos distribuidos en las áreas de la Planta de Procesos, para lo cual el sistema deberá encontrarse dentro de los valores establecidos para la condición de flujo requerido.

Se tiene como función principal transportar agua fresca a un flujo de balance de $87.12 \text{ m}^3 / \text{h}$, éste flujo es el que se requerirá normalmente y para alcanzar este valor sólo estará operativa una bomba. Se considera un factor de seguridad de 10% a los cálculos de pérdidas por fricción debido al envejecimiento de la tubería, diferencia de diámetros y cualquier condición anormal de la superficie interior de la tubería. Se ha considerado una presión residual de 5 m.c.a en el punto alto, TK Agua fresca, para que la descarga posea una energía adicional.

Cada equipo de la Planta de Proceso tiene parámetros de funcionamiento lo cual el fluido (Agua fresca) debe obtener cierta presión y caudal para que cumpla las características requeridas y mantenga su buen funcionamiento.

Se diseñará el diámetro de cada tramo de la red de tuberías, utilizando las ecuaciones de pérdidas menores de fricción, pérdidas por accesorios (válvulas, codos, etc.), Darcy, Bernoulli y Colebrook-White,

A continuación, presentamos la tabla 3.1 el cual muestra cada equipo del sistema de tuberías con sus respectivos parámetros de funcionamiento; flujo de balance y presión requerida.

Nº	EQUIPO	FLUJO DE BALANCE	PRESIÓN REQUERIDA
1	TK Agua Fresca	$87.12 \text{ m}^3 / \text{h}$	5 <i>psig</i>
2	Mezclador Floculizante	$30 \text{ m}^3 / \text{h}$	25.17 <i>psig</i>
3	Bombas del espesador de relaves	$2 \text{ m}^3 / \text{h}$	89.43 <i>psig</i>
4	Bombas del espesador CCD04	$2 \text{ m}^3 / \text{h}$	106.60 <i>psig</i>
5	Zaranda de remoción de impurezas	$6 \text{ m}^3 / \text{h}$	15 <i>psig</i>
6	Bombas de alimentación de ciclones	$3.5 \text{ m}^3 / \text{h}$	86 <i>psig</i>
7	Stockpile	$9 \text{ m}^3 / \text{h}$	43.51 <i>psig</i>
8	Bombas del espesador CCD03	$2 \text{ m}^3 / \text{h}$	121.10 <i>psig</i>
9	Bombas alimentación a Lixiviación	$2 \text{ m}^3 / \text{h}$	72.70 <i>psig</i>
10	Bombas del espesador CCD02	$2 \text{ m}^3 / \text{h}$	80.60 <i>psig</i>
11	Bombas del espesador CCD01	$2 \text{ m}^3 / \text{h}$	80.80 <i>psig</i>
12	Bombas U/F del Pre-Clarificador	$2 \text{ m}^3 / \text{h}$	84 <i>psig</i>
13	Bombas Alimentación Pre-Capa	$1.45 \text{ m}^3 / \text{h}$	44.24 <i>psig</i>
14	Bombas de vacío Torre de Deaeración	$6.49 \text{ m}^3 / \text{h}$	5.08 <i>psig</i>
15	Bombas alimentación a filtro de Precipitado	$2.97 \text{ m}^3 / \text{h}$	116.03 <i>psig</i>
16	Bomba de Vacío de Retorta de Mercurio	$0.95 \text{ m}^3 / \text{h}$	5.08 <i>psig</i>
17	Planta de relleno de Pasta	$23.65 \text{ m}^3 / \text{h}$	7.12 <i>psig</i>

Tabla 3.1: Equipos con sus respectivos parámetros de funcionamiento



3.2 Condiciones del sistema.

- Flujo estacionario.
- Flujo newtoniano.
- La temperatura del fluido (Agua) en el sistema es de 5°C .
- La presión atmosférica del fluido (agua) en el sistema es de 1 atm .
- La viscosidad cinemática del fluido (Agua), $\nu = 1.52 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}^2$ (Fuente: Handbook of Chemistry and Physics, 69° Ed. CRC Press).
- El material a usar en el diseño es Acero de carbono, $\varepsilon(\text{rugosidad}) = 4.57 \times 10^{-4} \text{ m}$ (Fuente: Computer application in hydraulic engineering, 5ta edition, Haestad Methods).
- La densidad Del fluido (Agua), $1000 \text{ Kg} / \text{m}^3$ (Fuente: Handbook of Chemistry and Physics, 69° Ed. CRC Press).
- La aceleración de la gravedad es de $9.806 \text{ m}^2 / \text{s}$ (Fuente: Instituto de Meteorología de Alemania).
- El criterio de la elección de la presión hallada en los cálculos es cumplir lo requerido en la tabla 3.1 Presión requerida para cada equipo.
- Los coeficientes K de pérdida de accesorios incluyendo los codos, las tees y la válvula que posee cada equipo para regular la carga hidráulica, se muestran en la tabla 3.2.

ITEM	EQUIPO	Válvulas	ϕ (in)	Codos de 90°	Valor de K para codos de 90° según tabla 2.11	valor total de K para codos	Tees	Valor de K para codos Tees según tabla 2.11	Coeficiente de pérdida k de válvula	K total
1	TK Agua Fresca									
2	Mezclador Floculizante	Válvula de control	3	3	0.54	1.62	0	1.08	422.2	424.9
3	Bombas del espesador de relaves	Válvula de control	1	7	0.69	4.83	1	1.38	352.45	358.66
4	Bombas del espesador CCD04	Válvula	1	0	0.69	0	1	1.38	164.11	165.49
5	Zaranda de remoción de impurezas	Válvula	1	1	0.69	0.69	1	1.38	577.93	580
6	Bombas de alimentación de ciclones	Válvula	1	1	0.69	0.69	1	1.38	95.8	97.87
7	Stockpile	Válvula	2	4	0.57	2.28	1	1.14	308.25	311.67
8	Bombas del espesador CCD03	Válvula	1	0	0.69	0	1	1.38	36.39	37.77
9	Bombas alimentación a Lixiviación	Válvula	1	5	0.69	3.45	1	1.38	514.53	519.36
10	Bombas del espesador CCD02	Válvula de control	1	1	0.69	0.69	2	1.38	444.18	446.25
11	Bombas del espesador CCD01	Válvula	1	0	0.69	0	1	1.38	459.32	460.7
12	Bombas U/F del Pre-Clarificador	Válvula	1	0	0.69	0	1	1.38	470.77	472.15
13	Bombas Alimentación Pre-Capa	Válvula	1	5	0.69	3.45	1	1.38	100.17	105
14	Bombas de vacío Torre de Deaeración	Válvula	1	0	0.69	0	1	1.38	623.62	625
16	Bomba de Vacío de Retorta de Mercurio	Válvula	1	2	0.69	1.38	1	1.38	487.24	490
17	Planta de relleno de Pasta	Válvula	3	0	0.54	0	0	1.08	624.22	625.3

Tabla 3.2: Coeficientes de pérdidas k de accesorios (Fuente: Hoja técnica del proveedor “Válvulas Internacionales”)

Los equipos del sistema de tuberías están enumerados de tal manera que se puedan identificar en el modelo para el cálculo hidráulico (Fig.3.1) en donde también encontraremos los nodos, los cuales indican la división de la dirección del flujo en 2, que son utilizados en un sistema ramificados de tuberías o un sistema Branch.



Modelo realizado para el cálculo hidráulico.

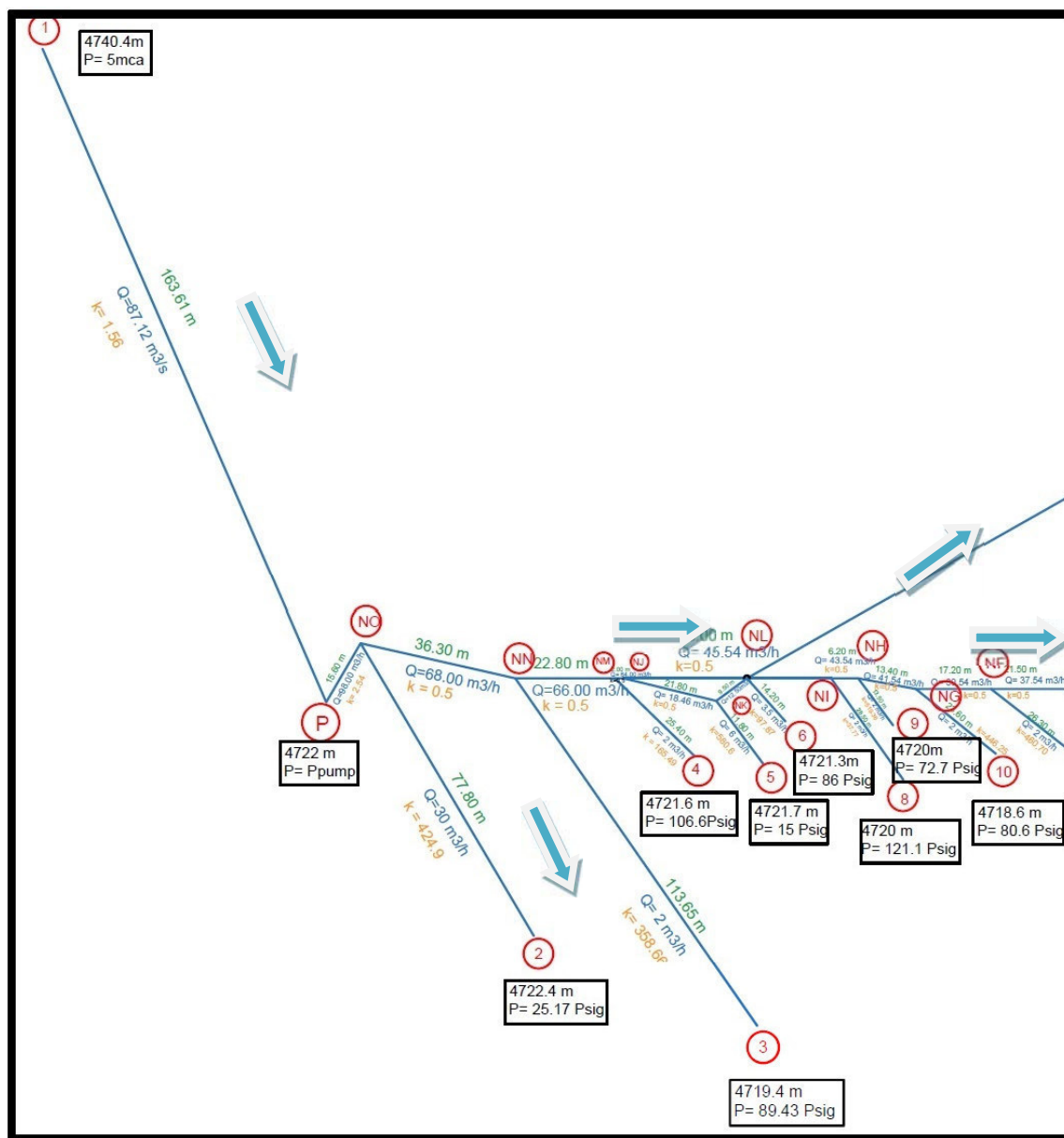


Figura 3.1: Ramificación del sistema de tuberías.



Modelo realizado para el cálculo hidráulico.

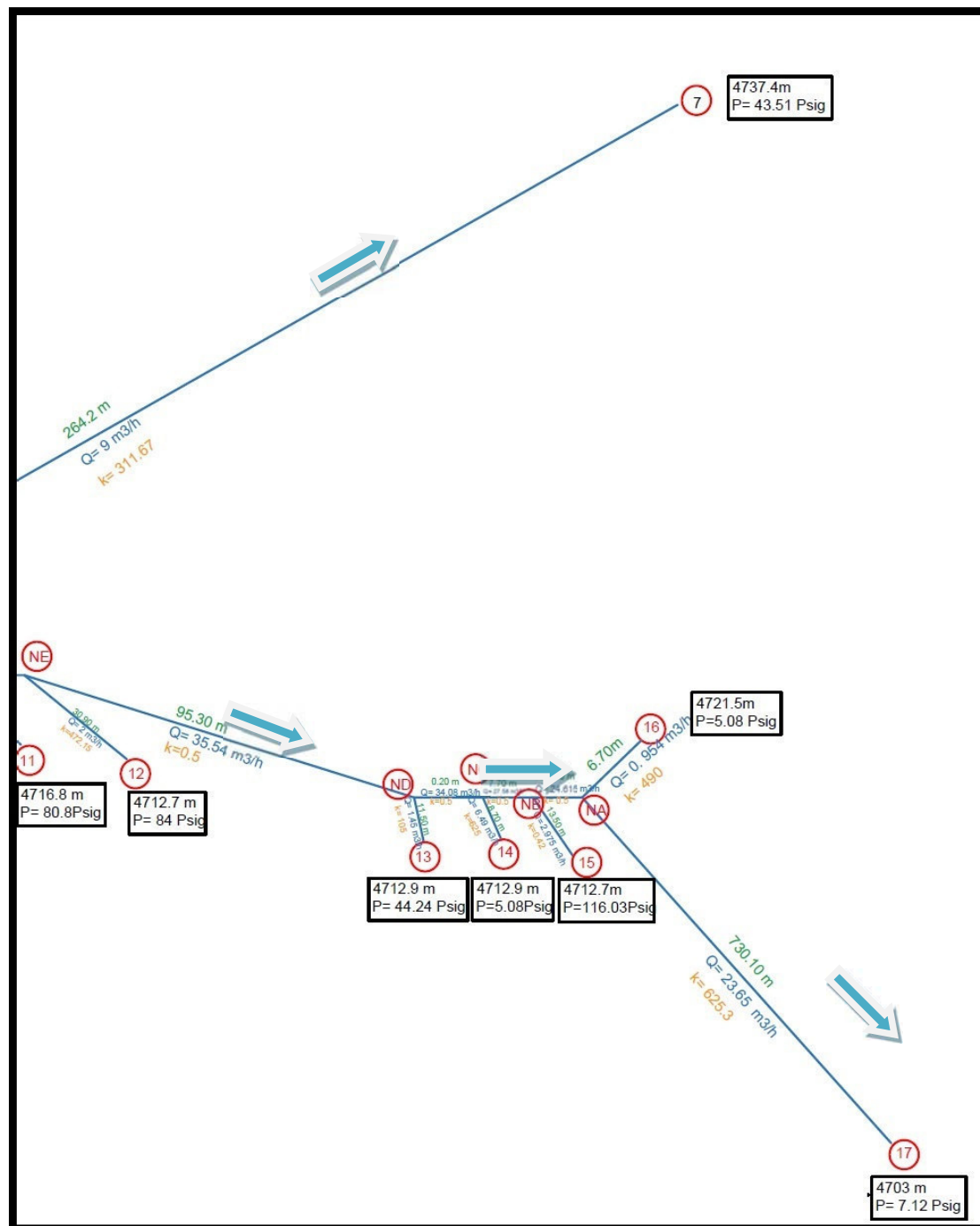


Figura 3.2: Ramificación del sistema de tuberías



CAPÍTULO IV-CÁLCULOS Y RESULTADOS ANALÍTICOS

4.1 Metodología de cálculo:

El cálculo de este tramo de la red, se realiza de la siguiente manera:

- Se estima un diámetro para iniciar los cálculos.
- Se determina la velocidad del flujo dentro de la tubería.
- Se determina el número de Reynolds
- A continuación, usando la Ecuación de Colebrook –White, se determina el coeficiente de fricción f .
- Utilizando la ecuación para pérdidas de presión, se determina la pérdida de presión por fricción.
- Luego, se determina la pérdida en accesorios.
- Utilizando la Ecuación de Bernoulli se encuentra la altura de presión en el extremo de salida.
- Se verifica si la presión está dentro de los parámetros de diseño según tabla 3.1 Presión requerida por los equipos si no es así se vuelve a repetir los pasos estimando un diámetro hasta lograr la presión requerida para el equipo.
- De los 2 ramales del sistema de tuberías se obtienen 2 presiones en el mismo nodo eligiendo el de mayor presión que es la de diseño.
- Desarrollando los pasos mencionados anteriormente en todos los nodos hallaremos la altura dinámica TDH, la cual nos ayudará en la selección de la bomba.

4.2 Cálculo de la presión en los Nodos.

4.2.1 Nodo A. Condiciones iniciales: Del modelo realizado para el cálculo hidráulico se presentan los parámetros iniciales del sistema.

Datos del tramo NA-N16	
Longitud (m)	6.7
Caudal (m ³ /h)	0.95
Caudal (m ³ /s)	2.65×10^{-4}
D(in)	DNA-16
Pérdidas (m)	490

Tabla 4.1: Parámetros iniciales del sistema del NA-N16



NODO	msnm	Z(m)	P(psig)	P(mca)
NA	4714	0	P_{NA}	P_{NA}
N16	4721.5	7.5	5.08	3.57

Tabla 4.2: Datos de presión y altura del NA-N16

Se estima un diámetro $D_{NA-16} = 2\text{ in} = 0.05\text{ m}$

Se determina la velocidad del flujo dentro de la tubería:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \times 2.65 \times 10^{-4}}{\pi \times (0.05)^2} = 0.13 \text{ m/s}$$

Se calcula el número de Reynolds:

$$Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{0.13 \times 0.05}{1.52 \times 10^{-6}} = 4669.6$$

Luego, se determina el factor de fricción f , mediante la ecuación de Colebrook – White, considerando que el flujo es turbulento, obteniéndose:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2.0 \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right) \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{f}} = -2.0 \log \left(\frac{4.57 \times 10^{-4}/0.05}{3.7} + \frac{2.51}{4669.6 \sqrt{f}} \right)$$

Resolviendo se obtiene:

$$f = 0.0398$$

Calculando las pérdidas por fricción H_f y por accesorios H_m :

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 3.98 \times 10^{-2} \left(\frac{6.7}{0.05} \right) \left(\frac{0.13^2}{2 \times 9.806} \right) = 0.004\text{ m}$$

$$H_m = k \frac{V^2}{2g} = 490 \left(\frac{0.13^2}{2 \times 9.806} \right) = 0.42\text{ m}$$

Aplicando la “Ecuación de Bernoulli modificado, entre los nodos “NA” y “N16”:

$$Z_{NA} + \frac{P_{NA}}{\gamma} + \frac{V_{NA}^2}{2g} = Z_{N16} + \frac{P_{N16}}{\gamma} + H_f + H_m$$

Además, se sabe: $V_{NA} = V_{N16}$

La ecuación se reduce a:



$$Z_{NA} + \frac{P_{NA}}{\gamma} = Z_{N16} + \frac{P_{N16}}{\gamma} + H_f + H_m$$

$$0 + \frac{P_{NA}}{\gamma} = 7.5 + 3.57 + 0.004 + 0.42$$

$$\frac{P_{NA}}{\gamma} = 11.5 \text{ mca}$$

$$P_{NA} = 16.36 \text{ psig} \rightarrow \text{No cumple}$$

Se estima un diámetro $D_{NA-16} = 1 \text{ in} = 2.54 \times 10^{-2} \text{ m}$

Se determina la velocidad del flujo dentro de la tubería:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \times 2.65 \times 10^{-4}}{\pi \times (2.54 \times 10^{-2})^2} = 0.52 \text{ m/s}$$

Se calcula el número de Reynolds:

$$Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{0.52 \times 2.54 \times 10^{-2}}{1.52 \times 10^{-6}} = 8739.3$$

Luego, se determina el factor de fricción f , mediante la ecuación de Colebrook – White, considerando que el flujo es turbulento, obteniéndose:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2.0 \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right) \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{f}} = -2.0 \log \left(\frac{4.57 \times 10^{-4} / 2.54 \times 10^{-2}}{3.7} + \frac{2.51}{8739.3 \sqrt{f}} \right)$$

Resolviendo se obtiene:

$$f = 0.0345$$

Calculando las pérdidas por fricción H_f y por accesorios H_m :

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 3.29 \times 10^{-2} \left(\frac{6.7}{2.54 \times 10^{-2}} \right) \left(\frac{0.52^2}{2 \times 9.806} \right) = 0.13 \text{ m}$$

$$H_m = k \frac{V^2}{2g} = 490 \left(\frac{0.52^2}{2 \times 9.806} \right) = 6.83 \text{ m}$$



Aplicando la “Ecuación de Bernoulli modificado, entre los nodos “NA” y “N16”:

$$Z_{NA} + \frac{P_{NA}}{\gamma} + \frac{V_{NA}^2}{2g} = Z_{N16} + \frac{P_{N16}}{\gamma} + H_f + H_m$$

Además, se sabe: $V_{NA} = V_{N16}$

La ecuación se reduce a:

$$Z_{NA} + \frac{P_{NA}}{\gamma} = Z_{N16} + \frac{P_{N16}}{\gamma} + H_f + H_m$$

$$0 + \frac{P_{NA}}{\gamma} = 7.5 + 3.57 + 0.13 + 6.83$$

$$\frac{P_{NA}}{\gamma} = 18.03 \text{ mca}$$

$$P_{NA} = 25.65 \text{ psig} \rightarrow \text{No cumple}$$

Se estima un diámetro $D_{NA-16} = 1/2 \text{ in} = 1.38 \times 10^{-2} \text{ m}$

Se determina la velocidad del flujo dentro de la tubería:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \times 2.65 \times 10^{-4}}{\pi \times (1.38 \times 10^{-2})^2} = 1.754 \text{ m/s}$$

Se calcula el número de Reynolds:

$$Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{1.74 \times 0.0138}{1.52 \times 10^{-6}} = 16006.1$$

Luego, se determina el factor de fricción f , mediante la ecuación de Colebrook – White, considerando que el flujo es turbulento, obteniéndose:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2.0 \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right) \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{f}} = -2.0 \log \left(\frac{4.57 \times 10^{-4} / 0.0138}{3.7} + \frac{2.51}{16006.1 \sqrt{f}} \right)$$

Resolviendo se obtiene:

$f = 0.033$ Calculando las pérdidas por fricción H_f y por accesorios H_m :

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 3.29 \times 10^{-2} \left(\frac{6.7}{1.38 \times 10^{-2}} \right) \left(\frac{1.75^2}{2 \times 9.806} \right) = 2.49 \text{ m}$$



$$H_m = k \frac{V^2}{2g} = 490 \left(\frac{1.75^2}{2 \times 9.806} \right) = 76.89m$$

Aplicando la “Ecuación de Bernoulli modificado, entre los nodos “NA” y “N16”:

$$Z_{NA} + \frac{P_{NA}}{\gamma} + \frac{V_{NA}^2}{2g} = Z_{N16} + \frac{P_{N16}}{\gamma} + H_f + H_m$$

Además, se sabe: $V_{NA} = V_{N16}$

La ecuación se reduce a:

$$Z_{NA} + \frac{P_{NA}}{\gamma} = Z_{N16} + \frac{P_{N16}}{\gamma} + H_f + H_m$$

$$0 + \frac{P_{NA}}{\gamma} = 7.5 + 3.57 + 2.49 + 76.89$$

$$\frac{P_{NA}}{\gamma} = 90.46mca$$

$$P_{NA} = 128.68psig \rightarrow \text{Cumple}$$

Ahora analizando el tramo NA-17:

Datos del tramo NA-N17	
Longitud (m)	730.1
Caudal (m³/h)	23.65
Caudal (m³/s)	6.57x10 ⁻³
D(in)	DNA-17
Pérdidas (m)	625

Tabla 4.3: Parámetros iniciales del sistema NA-17

NODO	msnm	Z(m)	P(psic)	P(mca)
NA	4714	11	P_{NA}	P_{NA}
N17	4703	0	7.12	5

Tabla 4.4: Datos de presión y altura del NA-N17



Se estima un diámetro $D_{NA-17} = 1\text{ in} = 2.54 \times 10^{-2}\text{ m}$

Se determina a velocidad del flujo dentro de la tubería:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)} = \frac{6.57 \times 10^{-3}}{\left(\frac{\pi \times (2.54 \times 10^{-2})^2}{4}\right)} = 12.96\text{ m/s}$$

Se calcula el número de Reynolds:

$$Re = \frac{VD}{\gamma} = \frac{12.96 \times 2.56 \times 10^{-2}}{1.52 \times 10^{-6}} = 216660 \rightarrow \text{Muy elevado, No cumple el diámetro es de } 1\text{ in}$$

Se estima un diámetro $D_{NA-17} = 2\text{ in} = 0.05\text{ m}$

Se determina a velocidad del flujo dentro de la tubería:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)} = \frac{6.57 \times 10^{-3}}{\left(\frac{\pi \times 0.05^2}{4}\right)} = 3.24\text{ m/s}$$

Se calcula el número de Reynolds:

$$Re = \frac{VD}{\gamma} = \frac{3.24 \times 0.05}{1.52 \times 10^{-6}} = 108330$$

Calculando el factor de fricción f , mediante la ecuación de Colebrook – White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log\left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}}\right)$$
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log\left(\frac{0.05/7.79 \times 10^{-2}}{3.7} + \frac{2.51}{108330\sqrt{f}}\right)$$
$$f = 0.022$$

Calculando las pérdidas por fricción H_f y por accesorios H_m :

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0.022 \left(\frac{730.10}{0.05}\right) \left(\frac{3.24^2}{2 \times 9.806}\right) = 166.8\text{ m}$$

$$H_m = k \frac{V^2}{2g} = 625 \left(\frac{3.24^2}{2 \times 9.806}\right) = 334.8\text{ m}$$



Aplicando la “Ecuación de Bernoulli modificado” (Ec., entre los nodos “NA” y “N17”:

$$Z_{NA} + \frac{P_{NA}}{\gamma} + \frac{V_{NA}^2}{2g} = Z_{N17} + \frac{P_{N17}}{\gamma} + \frac{V_{N17}^2}{2g} + H_f + H_m$$

Además, se sabe: $V_{NA} = V_{17}$

La ecuación se reduce a:

$$Z_{NA} + \frac{P_{NA}}{\gamma} = Z_{N17} + H_f + H_m$$

$$11 + \frac{P_{NA}}{\gamma} = 0 + 5 + 166.8 + 334.8$$

$$\frac{P_{NA}}{\gamma} = 495.61 \text{ mca}$$

$$P_{NA} = 705 \text{ psig} \rightarrow \text{No cumple}$$

Se estima un diámetro $D_{NA-17} = 3 \text{ in} = 7.79 \times 10^{-2} \text{ m}$

Se determina a velocidad del flujo dentro de la tubería:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)} = \frac{6.57 \times 10^{-3}}{\left(\frac{\pi \times (7.79 \times 10^{-2})^2}{4}\right)} = 1.38 \text{ m/s}$$

Se calcula el número de Reynolds:

$$Re = \frac{VD}{\gamma} = \frac{1.38 \times 7.79 \times 10^{-2}}{1.52 \times 10^{-6}} = 70619.41$$

Calculando el factor de fricción f , mediante la ecuación de Colebrook – White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon / D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{4.5 \times 10^{-5} / 7.79 \times 10^{-2}}{3.7} + \frac{2.51}{70619.4 \sqrt{f}} \right)$$

$$f = 0.021$$

Calculando las pérdidas por fricción H_f y por accesorios H_m :



$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0.021 \left(\frac{730.10}{7.79 \times 10^{-2}} \right) \left(\frac{1.38^2}{2 \times 9.806} \right) = 19.63m$$

$$H_m = k \frac{V^2}{2g} = 625 \left(\frac{1.38^2}{2 \times 9.806} \right) = 60.46m$$

Aplicando la “Ecuación de Bernoulli modificado, entre los nodos “NA” y “N17”:

$$Z_{NA} + \frac{P_{NA}}{\gamma} + \frac{V_{NA}^2}{2g} = Z_{N17} + \frac{P_{N17}}{\gamma} + \frac{V_{N17}^2}{2g} + H_f + H_m$$

Además, se sabe: $V_{NA} = V_{17}$

La ecuación se reduce a:

$$Z_{NA} + \frac{P_{NA}}{\gamma} = Z_{N17} + H_f + H_m$$

$$11 + \frac{P_{NA}}{\gamma} = 0 + 5 + 19.63 + 60.46$$

$$\frac{P_{NA}}{\gamma} = 74.1 \text{ mca}$$

$$P_{NA} = 105.4 \text{ psig} \rightarrow \text{Cumple}$$

Resultado en nodo NA	Tramo NA-N17	Tramo NA-N16	Tramo NA-N17 (Se toma el mayor valor para diseño)
Presión (mca)	74.1	90.46	90.46
Presión (psig)	105.41	128.68	128.68

Tabla 4.5: Resultados de presión en el nodo NA

Resultados:

$$D_{NA-16} = 1.38 \times 10^{-2} m = 1/2 \text{ in}$$

$$D_{NA-17} = 7.79 \times 10^{-2} m = 3 \text{ in}$$

$$P_{NA} = 128.68 \text{ psig}$$



4.2.2 Nodo B. Condiciones iniciales: Del modelo realizado para el cálculo hidráulico se presentan los parámetros iniciales del sistema.

Datos del tramo NB-NA	
Longitud (m)	21.25
Caudal (m ³ /h)	24.61
Caudal (m ³ /s)	6.84x10 ⁻³
D(in)	DNB-DNA=DNA-N17= 3
Pérdidas (m)	0.5

Tabla 4.6: Parámetros iniciales del sistema del tramo NB-NA

NODO	msnm	Z(m)	P(psig)	P(mca)
NB	4714	0	P_{NB}	P_{NB}
NA	4714	0	128.676	90.459038

Tabla 4.7: Datos de presión y altura del NB-NA

Se selecciona el diámetro $D_{NB-NA} = D_{NA-17} = 3\text{ in} = 7.79 \times 10^{-2}\text{ m}$

Se determina la velocidad del flujo dentro de la tubería:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)} = \frac{6.84 \times 10^{-3}}{\left(\frac{\pi \times (7.79 \times 10^{-2})^2}{4}\right)} = 1.43\text{ m/s}$$

Calculando el número de Reynolds:

$$Re = \frac{VD}{\gamma} = \frac{1.43 \times 7.79 \times 10^{-2}}{1.52 \times 10^{-6}} = 73497.9$$

Calculando el factor de fricción “f”, mediante la ecuación de Colebrook – White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log\left(\frac{\varepsilon / D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}}\right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log\left(\frac{4.5 \times 10^{-5} / 7.79 \times 10^{-2}}{3.7} + \frac{2.51}{73497.9 \sqrt{f}}\right)$$

$$f = 0.215$$



Calculando las pérdidas por fricción “ H_f ” y por accesorios “ H_m ”:

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0.0215 \left(\frac{21.5}{7.79 \times 10^{-2}} \right) \left(\frac{1.43^2}{2 \times 9.806} \right) = 0.62 \text{ m}$$

$$H_m = k \frac{V^2}{2g} = 0.5 \left(\frac{1.43^2}{2 \times 9.806} \right) = 0.052 \text{ m}$$

Aplicando la “Ecuación de Bernoulli modificado, entre los nodos “NB” y “NA”:

$$Z_{NB} + \frac{P_{NB}}{\gamma} + \frac{V_{NB}^2}{2g} = Z_{NA} + \frac{P_{NA}}{\gamma} + \frac{V_{NA}^2}{2g} + H_f + H_m$$

Además, se sabe: $V_{NB} = V_{NA}$

La ecuación se reduce a:

$$Z_{NB} + \frac{P_{NB}}{\gamma} = Z_{NA} + \frac{P_{NA}}{\gamma} + H_f + H_m$$

$$0 + \frac{P_{NB}}{\gamma} = 0 + 90.46 + 0.62 + 0.05$$

$$\frac{P_{NB}}{\gamma} = 91.13 \text{ mca}$$

$$P_{NB} = 129.63 \text{ psig}$$

Ahora analizamos los tramos NB-N15

Datos del tramo NB-N15	
Longitud (m)	13.5
Caudal (m³/h)	2.97
Caudal (m³/s)	8.26×10^{-4}
D(in)	DNB-DN15
Pérdidas (m)	0.42

Tabla 4.8 Parámetros iniciales del sistema NB-N15

NODO	msnm	Z(m)	P(psig)	P(mca)
NB	4714	1.3	N_{NB}	N_{NB}
N15	4712.7	0	116.03	81.56

Tabla 4.9: Presión y altura del NB-N15



Se estima un diámetro $D_{NB-15} = 2\text{ in} = 0.05\text{ m}$

Se determina la velocidad del flujo dentro de la tubería:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)} = \frac{8.26 \times 10^{-4}}{\left(\frac{\pi \times 0.05^2}{4}\right)} = 0.41\text{ m/s}$$

Calculando el número de Reynolds:

$$Re = \frac{VD}{\gamma} = \frac{0.41 \times 0.05}{1.52 \times 10^{-6}} = 13625.2$$

Calculando el factor de fricción “f”, mediante la ecuación de Colebrook – White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log\left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}}\right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log\left(\frac{4.5 \times 10^{-5}/0.05}{3.7} + \frac{2.51}{13625.2\sqrt{f}}\right)$$

$$f = 0.03$$

Calculando las pérdidas por fricción “H_f” y por accesorios “H_m”:

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0.03 \left(\frac{13.5}{0.05}\right) \left(\frac{0.41^2}{2 \times 9.806}\right) = 0.07\text{ m}$$

$$H_m = k \frac{V^2}{2g} = 0.42 \left(\frac{0.41^2}{2 \times 9.806}\right) = 0.004\text{ m}$$

Aplicando la “Ecuación de Bernoulli modificada, entre los nodos “NB” y “N15”:

$$Z_{NB} + \frac{P_{NB}}{\gamma} + \frac{V_{NB}^2}{2g} = Z_{15} + \frac{P_{15}}{\gamma} + \frac{V_{15}^2}{2g} + H_f + H_m$$

$$\text{Además, se sabe: } V_{NB} = V_{N15}$$

La ecuación se reduce a:

$$Z_{NB} + \frac{P_{NB}}{\gamma} = Z_{N15} + \frac{P_{N15}}{\gamma} + H_f + H_m$$

$$1.3 + \frac{P_{NB}}{\gamma} = 0 + 81.57 + 0.07 + 0.004$$

$$\frac{P_{NB}}{\gamma} = 80.34\text{ mca}$$



$$P_{NB} = 114.28 \text{ psig} \rightarrow \text{No cumple}$$

Se estima un diámetro $D_{NB-15} = 1 \text{ in} = 2.54 \times 10^{-2} \text{ m}$

Se determina la velocidad del flujo dentro de la tubería:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)} = \frac{8.26 \times 10^{-4}}{\left(\frac{\pi \times (2.54 \times 10^{-2})^2}{4}\right)} = 1.63 \text{ m/s}$$

Calculando el número de Reynolds:

$$Re = \frac{VD}{\gamma} = \frac{1.63 \times 2.54 \times 10^{-2}}{1.52 \times 10^{-6}} = 27250.4$$

Calculando el factor de fricción “f”, mediante la ecuación de Colebrook – White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon / D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{4.5 \times 10^{-5} / 2.54 \times 10^{-2}}{3.7} + \frac{2.51}{27250.4 \sqrt{f}} \right)$$

$$f = 0.0281$$

Calculando las pérdidas por fricción “H_f” y por accesorios “H_m”:

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0.0281 \left(\frac{13.5}{2.54 \times 10^{-2}} \right) \left(\frac{1.63^2}{2 \times 9.806} \right) = 2.02 \text{ m}$$

$$H_m = k \frac{V^2}{2g} = 0.42 \left(\frac{1.63^2}{2 \times 9.806} \right) = 0.057 \text{ m}$$

Aplicando la “Ecuación de Bernoulli modificada”, entre los nodos “NB” y “N15”:

$$Z_{NB} + \frac{P_{NB}}{\gamma} + \frac{V_{NB}^2}{2g} = Z_{15} + \frac{P_{15}}{\gamma} + \frac{V_{15}^2}{2g} + H_f + H_m$$

Además, se sabe: $V_{NB} = V_{N15}$

La ecuación se reduce a:

$$Z_{NB} + \frac{P_{NB}}{\gamma} = Z_{N15} + \frac{P_{N15}}{\gamma} + H_f + H_m$$



$$1.3 + \frac{P_{NB}}{\gamma} = 0 + 81.57 + 2.02 + 0.057$$

$$\frac{P_{NB}}{\gamma} = 82.35 \text{ mca}$$

$$P_{NB} = 117.14 \text{ psig} \rightarrow \text{No cumple}$$

Se estima un diámetro $D_{NB-15} = 3/4 \text{ in} = 1.88 \times 10^{-2} \text{ m}$

Se determina la velocidad del flujo dentro de la tubería:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)} = \frac{8.26 \times 10^{-4}}{\left(\frac{\pi \times (7.79 \times 10^{-2})^2}{4}\right)} = 2.96 \text{ m/s}$$

Calculando el número de Reynolds:

$$Re = \frac{VD}{\gamma} = \frac{2.96 \times 1.88 \times 10^{-2}}{1.52 \times 10^{-6}} = 36725.7$$

Calculando el factor de fricción “f”, mediante la ecuación de Colebrook – White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{4.5 \times 10^{-5} / 1.88 \times 10^{-2}}{3.7} + \frac{2.51}{36725.7 \sqrt{f}} \right)$$
$$f = 0.0282$$

Calculando las pérdidas por fricción “H_f” y por accesorios “H_m”:

$$H_m = k \frac{V^2}{2g} = 0.42 \left(\frac{2.96^2}{2 \times 9.806} \right) = 0.19 \text{ m}$$

Aplicando la “Ecuación de Bernoulli modificado, entre los nodos “NB” y “N15”:

$$Z_{NB} + \frac{P_{NB}}{\gamma} + \frac{V_{NB}^2}{2g} = Z_{15} + \frac{P_{15}}{\gamma} + \frac{V_{15}^2}{2g} + H_f + H_m$$

Además, se sabe: $V_{NB} = V_{N15}$

La ecuación se reduce a:



$$Z_{NB} + \frac{P_{NB}}{\gamma} = Z_{N15} + \frac{P_{N15}}{\gamma} + H_f + H_m$$

$$1.3 + \frac{P_{NB}}{\gamma} = 0 + 81.57 + 9.06 + 0.19$$

$$\frac{P_{NB}}{\gamma} = 89.52 \text{ mca}$$

$$P_{NB} = 127.33 \text{ psig} \rightarrow \text{Cumple}$$

Resultado en nodo NB	Tramo NB-NA	Tramo NB-N15	Tramo NB-NA (Se toma el mayor valor para diseño)
Presión (mca)	91.13	89.52	91.13
Presión (psig)	129.63	127.33	129.64

Tabla 4.10: Resultados de presión en el nodo NB

Resultados:

$$D_{NB-NA} = 7.79 \times 10^{-2} \text{ m} = 3 \text{ in}$$

$$D_{NB-15} = 1.88 \times 10^{-2} \text{ m} = 3/4 \text{ in}$$

$$P_{NB} = 129.64 \text{ psig}$$



Siguiendo el mismo procedimiento los resultados se muestran en la siguiente Tabla 4.1:

NODO	TRAMO	DIÁMETRO	PRESIÓN
C	$N_C - N_R$	1.5 in	130.12 <i>psig</i>
C	$N_C - N_{14}$	1.5 in	118.60 <i>psig</i>
D	$N_D - N_C$	4 in	130.17 <i>psig</i>
D	$N_D - N_{13}$	0.5 in	110.66 <i>psig</i>
E	$N_E - N_{12}$	1 in	125.21 <i>psig</i>
E	$N_E - N_D$	4 in	122.29 <i>psig</i>
F	$N_F - N_{11}$	1 in	126.01 <i>psig</i>
F	$N_F - N_E$	4 in	125.77 <i>psig</i>
G	$N_G - N_{10}$	1 in	126.58 <i>psig</i>
G	$N_G - N_F$	4 in	126.57 <i>psig</i>
H	$N_H - N_G$	4 in	121.34 <i>psig</i>
H	$N_H - N_9$	1 in	121.29 <i>psig</i>
I	$N_I - N_H$	4 in	121.61 <i>psig</i>
I	$N_I - N_8$	1 in	121.54 <i>psig</i>
J	$N_J - N_K$	3 in	117.7 <i>psig</i>
J	$N_J - N_L$	4 in	117.62 <i>psig</i>
K	$N_K - N_I$	3 in	119.97 <i>psig</i>
K	$N_K - N_5$	1.5 in	103.13 <i>psig</i>
L	$N_L - N_6$	1 in	130.12 <i>psig</i>
L	$N_L - N_7$	2 in	116.42 <i>psig</i>
M	$N_M - N_4$	1 in	122.2 <i>psig</i>
M	$N_M - N_J$	6 in	117.75 <i>psig</i>
N	$N_N - N_3$	1 in	124.39 <i>psig</i>
N	$N_N - N_M$	6 in	122.44 <i>psig</i>

Tabla 4.11: Resultados del análisis en los nodos



4.2.3 Nodo Pump (Bomba).

Datos del tramo N1-NPUMP	
Longitud (m)	163.61
Caudal (m ³ /h)	87.12
Caudal (m ³ /s)	2.42×10^{-2}
D(in)	DN1-DNPUMP
Pérdidas (m)	1.56

Tabla 4.12: Parámetros iniciales del sistema N1-NPUMP

NODO	msnm	Z(m)	P(psig)	P(mca)
N_1	4740.4	18.4	7.11	5
N_{PUMP}	4722	0	N_{PUMP}	N_{PUMP}

Tabla 4.13: Presión y altura del N1-Npump

Se estima un diámetro $D_{NPUMP-NO} = 3 \text{ in} = 7.62 \times 10^{-2} \text{ m}$

Se determina a velocidad del flujo dentro de la tubería:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)} = \frac{2.42 \times 10^{-2}}{\left(\frac{\pi \times (7.62 \times 10^{-2})^2}{4}\right)} = 5.3 \text{ m/s}$$

Calculando el número de Reynolds:

$$Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{5.3 \times 7.62 \times 10^{-2}}{1.52 \times 10^{-6}} = 266027.7$$

Calculando el factor de fricción “f”, mediante la ecuación de Colebrook – White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon / D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{4.5 \times 10^{-5} / 7.62 \times 10^{-2}}{3.7} + \frac{2.51}{266027.7 \sqrt{f}} \right)$$

$$f = 0.019$$

Calculando las pérdidas por fricción “H_f” y por accesorios “H_m”:



$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0.019 \left(\frac{163.61}{7.62 \times 10^{-2}} \right) \left(\frac{5.3^2}{2 \times 9.806} \right) = 58.27 \text{ m}$$

$$H_m = k \frac{V^2}{2g} = 1.56 \left(\frac{5.3^2}{2 \times 9.806} \right) = 2.24 \text{ m}$$

Aplicando la “Ecuación de Bernoulli modificado, entre los nodos “N1” y “NPump”:

$$Z_{N1} + \frac{P_{N1}}{\gamma} + \frac{V_{N1}^2}{2g} = Z_{NPUMP} + \frac{P_{NPUMP}}{\gamma} + \frac{V_{NPUMP}^2}{2g} + H_f + H_m$$

Además, se sabe: $V_{N1} = V_{NPUMP}$

La ecuación se reduce a:

$$Z_{N1} + \frac{P_{N1}}{\gamma} = Z_{NPUMP} + \frac{P_{NPUMP}}{\gamma} + H_f + H_m$$

$$18.4 + 5 = 0 + \frac{P_{NPUMP}}{\gamma} + 58.27 + 2.24$$

$$\frac{P_{NPUMP}}{\gamma} = -37.11 \text{ mca} \rightarrow \text{No cumple}$$

$$P_{NPUMP} = -52.80 \text{ psig} \rightarrow \text{No cumple}$$

Se estima un diámetro $D_{NPUMP-NO} = 6 \text{ in} = 0.15 \text{ m}$

Se determina a velocidad del flujo dentro de la tubería:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\left(\frac{\pi D^2}{4} \right)} = \frac{2.42 \times 10^{-2}}{\left(\frac{\pi \times (0.15)^2}{4} \right)} = 1.30 \text{ m/s}$$

Calculando el número de Reynolds:

$$Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{1.30 \times 0.15}{1.52 \times 10^{-6}} = 131588.33$$

Calculando el factor de fricción “f”, mediante la ecuación de Colebrook – White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon / D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{4.5 \times 10^{-5} / 0.15}{3.7} + \frac{2.51}{131588.33 \sqrt{f}} \right)$$



$$f = 0.019$$

Calculando las pérdidas por fricción “H_f”, y por accesorios “H_m”

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0.019 \left(\frac{163.61}{0.15} \right) \left(\frac{1.3^2}{2 \times 9.806} \right) = 1.7 \text{ m}$$

$$H_m = k \frac{V^2}{2g} = 1.56 \left(\frac{1.3^2}{2 \times 9.806} \right) = 0.13 \text{ m}$$

Aplicando la “Ecuación de Bernoulli modificado” (Ec. 1.10), entre los nodos “N1” y “NPump”:

$$Z_{N1} + \frac{P_{N1}}{\gamma} + \frac{V_{N1}^2}{2g} = Z_{NPUMP} + \frac{P_{NPUMP}}{\gamma} + \frac{V_{NPUMP}^2}{2g} + H_f + H_m$$

Además, se sabe: $V_{N1} = V_{NPUMP}$

La ecuación se reduce a:

$$Z_{N1} + \frac{P_{N1}}{\gamma} = Z_{NPUMP} + \frac{P_{NPUMP}}{\gamma} + H_f + H_m$$

$$18.4 + 5 = 0 + \frac{P_{NPUMP}}{\gamma} + 1.7 + 0.13$$

$$\frac{P_{NPUMP}}{\gamma} = 21.56 \text{ mca}$$

$$P_{NPUMP} = 30.67 \text{ psig} \rightarrow \text{Cumple}$$

Datos del tramo NPUMP-NO	
Longitud (m)	15.6
Caudal (m³/h)	98
Caudal (m³/s)	2.72x10 ⁻²
D(in)	DNPUMP-DNO
Pérdidas (m)	2.54

Tabla 4.14: Parámetros iniciales del sistema NPUMP-NO



NODO	msnm	Z(m)	P(psig)	P(mca)
N_{PUMP}	4722	0	P_{NPUMP}	P_{NPUMP}
N_O	4728	6	120.45	84.71

Tabla 4.15: Presión y altura del sistema NPUMP-NO

Se estima un diámetro $D_{NPUMP-NO} = 3\text{ in} = 7.62 \times 10^{-2}\text{ m}$

Se determina a velocidad del flujo dentro de la tubería:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)} = \frac{2.72 \times 10^{-2}}{\left(\frac{\pi \times (7.62 \times 10^{-2})^2}{4}\right)} = 5.97\text{ m/s}$$

Calculando el número de Reynolds:

$$Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{5.97 \times 7.62 \times 10^{-2}}{1.52 \times 10^{-6}} = 299275.7$$

Calculando el factor de fricción “F”, mediante la ecuación de Colebrook – White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon / D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{4.5 \times 10^{-5} / 7.62 \times 10^{-2}}{3.7} + \frac{2.51}{299275.7 \sqrt{f}} \right)$$

$$f = 0.019$$

Calculando las pérdidas por fricción “H_f” y por accesorios “H_m”:

$$H_f = f \frac{L V^2}{D 2g} = 0.019 \left(\frac{15.6}{7.62 \times 10^{-2}} \right) \left(\frac{5.97^2}{2 \times 9.806} \right) = 6.97\text{ m}$$

$$H_m = k \frac{V^2}{2g} = 2.54 \left(\frac{5.97^2}{2 \times 9.806} \right) = 4.62\text{ m}$$

Aplicando la “Ecuación de Bernoulli modificado, entre los nodos “NPump” y “NO”:

$$Z_{NPUMP} + \frac{P_{NPUMP}}{\gamma} + \frac{V_{NPUMP}^2}{2g} = Z_{NO} + \frac{P_{NO}}{\gamma} + \frac{V_{NO}^2}{2g} + H_f + H_m$$



Además, se sabe: $V_{PUMP} = V_{NO}$ y

La ecuación se reduce a:

$$Z_{NPUMP} + \frac{P_{NPUMP}}{\gamma} = Z_{NO} + \frac{P_{NO}}{\gamma} + H_f + H_m$$

$$\frac{P_{NPUMP}}{\gamma} = 6 + 84.71 + 6.97 + 4.62$$

$$\frac{P_{NPUMP}}{\gamma} = 80.74 \text{ mca}$$

$$P_{PUMP} = 114.85 \text{ psig} \rightarrow \text{No cumple}$$

Se estima un diámetro $D_{NPUMP-NO} = 6 \text{ in} = 0.15 \text{ m}$

Se determina a velocidad del flujo dentro de la tubería:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)} = \frac{2.72 \times 10^{-2}}{\left(\frac{\pi \times 0.15^2}{4}\right)} = 1.46 \text{ m/s}$$

Calculando el número de Reynolds:

$$Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{1.46 \times 0.15}{1.52 \times 10^{-6}} = 148034.2$$

Calculando el factor de fricción “f”, mediante la ecuación de Colebrook – White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon / D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{4.5 \times 10^{-5} / 0.15}{3.7} + \frac{2.51}{148034.15 \sqrt{f}} \right)$$

$$f = 0.018$$

Calculando las pérdidas por fricción “H_f” y por accesorios “H_m”:

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0.018 \left(\frac{15.6}{0.15} \right) \left(\frac{1.46^2}{2 \times 9.806} \right) = 0.2 \text{ m}$$

$$H_m = k \frac{V^2}{2g} = 2.54 \left(\frac{1.46^2}{2 \times 9.806} \right) = 0.27 \text{ m}$$

Aplicando la “Ecuación de Bernoulli modificado, entre los nodos “NPump” y “NO”:



$$Z_{NPUMP} + \frac{P_{NPUMP}}{\gamma} + \frac{V_{NPUMP}^2}{2g} + \frac{Pot}{\gamma Q_{NPUMP-NO}} = Z_{NO} + \frac{P_{NO}}{\gamma} + \frac{V_{NO}^2}{2g} + H_f + H_m$$

Además, se sabe: $V_{PUMP} = V_{NO}$ y $\frac{P_{NPUMP}}{\gamma} = 21.56 \text{ mca}$

La ecuación se reduce a:

$$Z_{NPUMP} + \frac{P_{NPUMP}}{\gamma} + \frac{Pot}{\gamma Q_{NPUMP-NO}} = Z_{NO} + \frac{P_{NO}}{\gamma} + H_f + H_m$$

$$0 + 21.56 + \frac{Pot}{\gamma Q_{NPUMP-NO}} = 6 + 84.71 + 0.2 + 0.27$$

$$\frac{Pot}{\gamma Q_{NPUMP-NO}} = 69.62 \text{ mca}$$

$$\frac{Pot}{\gamma Q_{NPUMP-NO}} = TDH = 69.62 \text{ m}, \text{ donde TDH es la altura dinámica total.}$$

Resultados:

$$D_{NPUMP-NO} = 0.15 \text{ m} = 6 \text{ in}$$

$$P_{PUMP} = 99.04 \text{ psig}$$

$$TDH = 69.62 \text{ m}$$

Hallando la potencia hidráulica de la bomba:

$$Pot_H = \frac{Q(lps) \times TDH}{75 \times \text{eficiencia}} = \frac{2.72 \times 10^{-2} \times 10^3 \times 69.62}{75 \times 0.70} = 36.11 \text{ HP}$$

Potencia del motor trifásico:

$$Potencia \text{ del motor trifásico} = Pot_H \times 1.3 = 46.94 \text{ HP} \square 50 \text{ HP}$$

$$Potencia \text{ del motor monofásico} = Pot_H \times 1.5 = 54.16 \text{ HP}$$



CONCLUSIONES.

Se seleccionan los diámetros de tuberías para cada tramo según mostrado en la tabla 4.16 cuyos cálculos fueron elaborados según procedimientos indicados anteriormente y se seleccionó el material de acero comercial para todas las tuberías de la red puesto que es el más ideal en costo, mantenimiento e instalación.

Se selecciona un motor trifásico de $50HP$ para el sistema de tuberías lo cual permitirá que el fluido (Agua fresca) cumpla con los requerimientos de funcionamiento de cada equipo.

En el anexo 4 se muestran las tablas con el cálculo elaborado con el software AFT FATHOM 8.0, realizado por la empresa de ingeniería contratada para este Proyecto y los valores de diámetros y presiones que muestra en cada tramo es muy similar a los valores obtenidos en el presente informe realizando el cálculo aplicando las diversas fórmulas y siguiendo la metodología descrita anteriormente.

NODO	TRAMO	DIÁMETRO	PRESIÓN
A	$N_4 - N_{16}$	3in	130.12 psig
A	$N_4 - N_{17}$	0.5in	130.12 psig
B	$N_8 - N_4$	3in	130.12 psig
B	$N_8 - N_{13}$	0.75 in	130.12 psig
C	$N_C - N_8$	1.5in	130.12 psig
C	$N_C - N_{14}$	1.5in	118.60 psig
D	$N_D - N_C$	4in	130.17 psig
D	$N_D - N_{13}$	0.5in	110.66 psig
E	$N_E - N_{12}$	1in	125.21 psig
E	$N_E - N_D$	4in	122.29 psig
F	$N_F - N_{11}$	1in	126.01 psig
F	$N_F - N_E$	4in	125.77 psig
G	$N_G - N_{10}$	1in	126.58 psig
G	$N_G - N_F$	4in	126.57 psig
H	$N_H - N_6$	4in	121.34 psig
H	$N_H - N_9$	1in	121.29 psig
I	$N_I - N_H$	4in	121.61 psig
I	$N_I - N_H$	1in	121.54 psig
J	$N_J - N_K$	3in	117.7 psig
J	$N_J - N_L$	4in	117.62 psig
K	$N_K - N_I$	3in	119.97 psig
K	$N_K - N_5$	1.5in	103.13 psig
L	$N_L - N_6$	1in	130.12 psig
L	$N_L - N_7$	2in	116.42 psig
M	$N_M - N_3$	1in	122.2 psig
M	$N_M - N_I$	6in	117.75 psig
N	$N_N - N_3$	1in	124.39 psig
N	$N_V - N_M$	6in	122.44 psig

Tabla 4.16: Resultados de presión y diámetro en los tramos

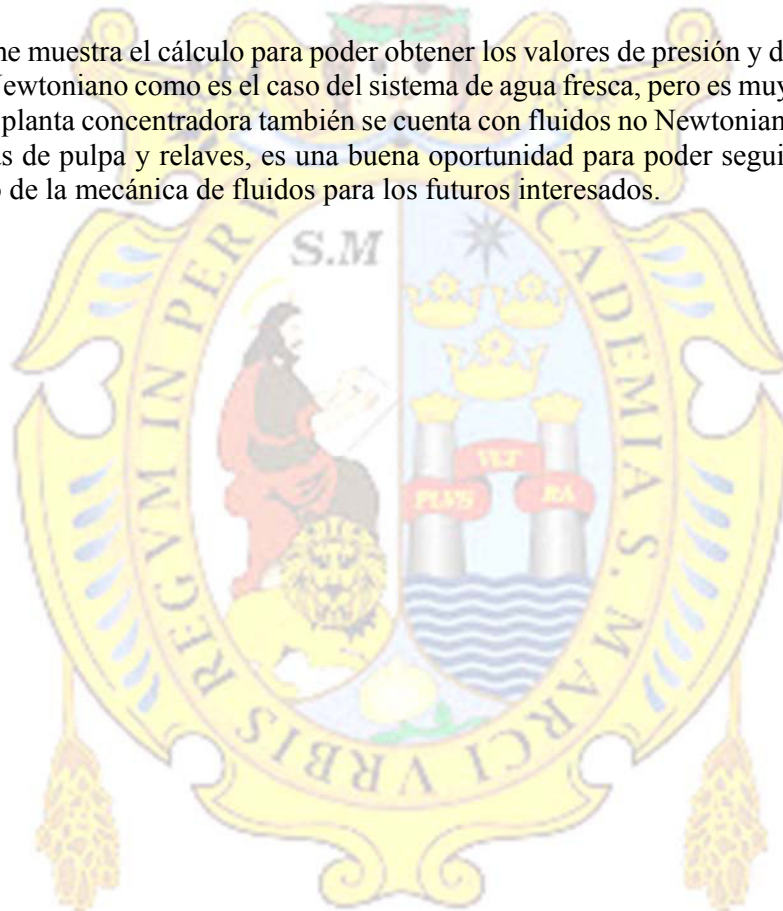


RECOMENDACIONES.

Se recomienda utilizar las ecuaciones de fluido turbulento, la ecuación de Colebrook-White y para los cálculos un método numérico (Newton Raphson) puesto que tenemos que hallar la solución para incógnitas implícitas. Se recomienda 3 iteraciones por cálculo de diámetro y 5 iteraciones para el cálculo del coeficiente de fricción f a su vez elaborar una hoja Excel en la cual tendremos los resultados relacionados entre sí.

De la misma forma, para el cálculo hidráulico de la bomba se recomienda utilizar un 70% de eficiencia para minimizar el riesgo de una mala selección hidráulica de la aquella.

Este informe muestra el cálculo para poder obtener los valores de presión y diámetro para un fluido Newtoniano como es el caso del sistema de agua fresca, pero es muy bien sabido que en una planta concentradora también se cuenta con fluidos no Newtonianos como son los sistemas de pulpa y relaves, es una buena oportunidad para poder seguir estudiando este campo de la mecánica de fluidos para los futuros interesados.



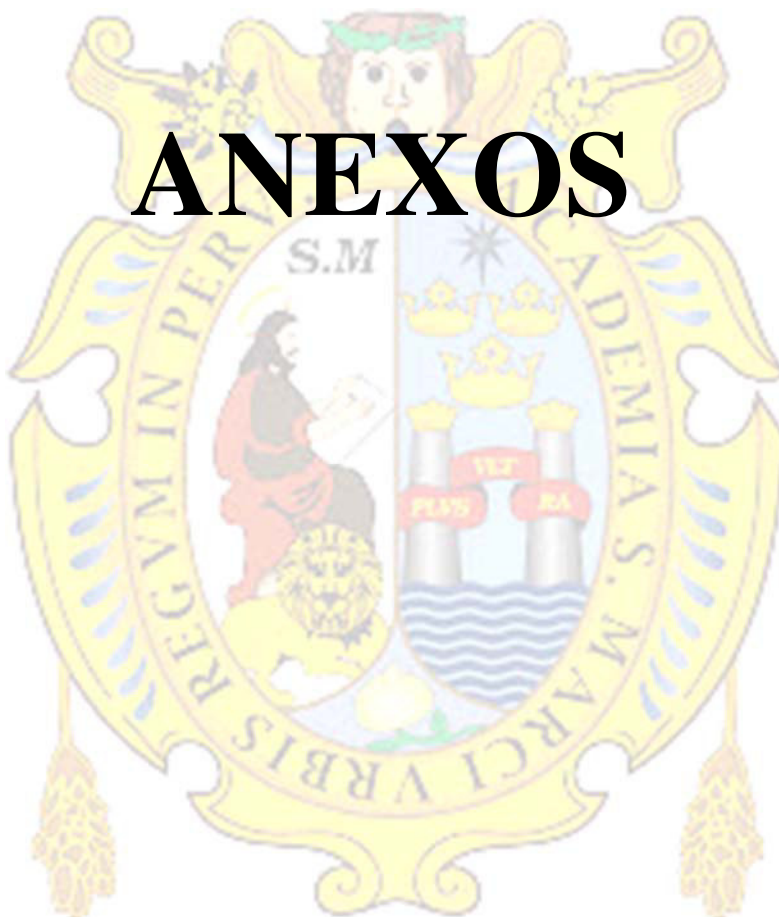


BIBLIOGRAFÍA.

- Bruce E. Larock, Roland W. Jeppson, Gary Z (1999). *Waters. Hydraulic and pipeline system*. London, Inglaterra.
- Cengel Y Cimbala J. (2006). *Mecánica de fluidos, Fundamentos y Aplicaciones*. New York, Estados Unidos.
- Crane (1992). *Flujo de fluidos en válvulas accesorio y tuberías*. México.
- Lanza Mejía N. (2012), *Texto de hidráulica 2 nelame*. Lima, Perú.
- Mario García Pérez (2012). *Dinámica de fluidos*. Lima, Perú.
- Mataix C. (1986). *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas*. Madrid, España.
- Munson B. y Young D. (1999). *Fundamentos de mecánica de fluidos*. México.
- Potter M. Wiggert D. (1997). *“Mecánica de fluidos”*. México.
- Robert Mott. *“Mecánica de fluidos”* Sexta edición.
- Rocha A. (2007). *Hidráulica de tubería y canales*. Lima, Perú.
- Streeter V. (1979). *Mecánica de los flujos*. México.



ANEXOS





ANEXOS

Anexo 1: Tabla de esfuerzos permisible para tubería de acero, ASME B31.11

Table 1102.3.1(a) Tabulation of Examples of Allowable Stresses for Reference Use in Piping Systems Within the Scope of This Code				
Specification No.	Grade	Specified Min. Yield Strength, psi (MPa)	Weld Joint Factor, E	Allowable Stress Value -20°F to 250°F (-30°C to 120°C), psi (MPa)
Seamless				
API 5L	A25	25,000 (172)	1.00	20,000 (138)
API 5L, ASTM A 53, ASTM A 106	A	30,000 (207)	1.00	24,000 (166)
API 5L, ASTM A 53, ASTM A 106	B	35,000 (241)	1.00	28,000 (193)
Electric Fusion Welded				
ASTM A 134	0.80	...
ASTM A 139	A	30,000 (207)	0.80	24,000 (166)
ASTM A 139	B	35,000 (241)	0.80	28,000 (193)
ASTM A 671	...	Note (1)	1.00 [Notes (2) & (3)]	...
ASTM A 671	...	Note (1)	0.80 Note (4)	...
ASTM A 672	...	Note (1)	1.00 [Notes (2) & (3)]	...
ASTM A 672	...	Note (1)	0.80 Note (4)	...
API 5L	X65	65,000 (448)	1.00	52,000 (358)
API 5L	X70	70,000 (482)	1.00	56,000 (386)
Furnace Butt Welded, Continuous Welded				
ASTM A 53	...	25,000 (172)	0.60	20,000 (138)
API 5L Classes I and II	A25	25,000 (172)	0.60	20,000 (138)
Electric Resistance Welded and Electric Flash Welded				
API 5L	A25	25,000 (172)	1.00	20,000 (138)
API 5L, ASTM A 53, ASTM A 135	A	30,000 (207)	1.00	24,000 (166)
API 5L, ASTM A 53, ASTM A 135	B	35,000 (241)	1.00	28,000 (193)
API 5L	X42	42,000 (289)	1.00	33,600 (231)
API 5L	X46	46,000 (317)	1.00	36,800 (254)
API 5L	X52	52,000 (358)	1.00	41,600 (286)
API 5L	X56	56,000 (386)	1.00	44,800 (309)
API 5L	X60	60,000 (413)	1.00	48,000 (330)
API 5L	X65	65,000 (448)	1.00	52,000 (358)
API 5L	X70	70,000 (482)	1.00	56,000 (386)
ASTM A 333	6	35,000 (241)	1.00	25,000 (174)
Electric Fusion Welded				
ASTM A 134	0.80	...
ASTM A 139	A	30,000 (207)	0.80	24,000 (166)
ASTM A 139	B	35,000 (241)	0.80	28,000 (193)
ASTM A 671	...	Note (1)	1.00 [Notes (2) & (3)]	...
ASTM A 671	...	Note (1)	0.80 Note (4)	...
ASTM A 672	...	Note (1)	1.00 [Notes (2) & (3)]	...
ASTM A 672	...	Note (1)	0.80 Note (4)	...



Anexo 2. Propiedades de las tuberías de acero comercial.

TUBERÍA DE ACERO AL CARBONO API 5L / ASIM A53 / A106

Diámetro Nominal NPS		Diámetro Exterior Real		Espesor de Pared		Identificación		Peso del Tubo		ASTM A53 PRESION DE PRUEBA			
Pulgadas in.	Milímetros mm.	(in.)	mm.	Pulgadas (in.)	Milímetros (mm.)	Weight Class	Schedule	lb/pie	kg/m	Grado A		Grado B	
										psi	Kg/cm ²	psi	Kg/cm ²
1/2	15	0.840	21.3	0.109	2.77	STD	40	0.85	1.27	700	49	700	49
				0.147	3.73	XS	80	1.09	1.62	850	60	850	60
3/4	20	1.050	26.7	0.113	2.87	STD	40	1.13	1.69	700	49	700	49
				0.154	3.91	XS	80	1.47	2.20	850	60	850	60
1	25	1.315	33.4	0.133	3.38	STD	40	1.68	2.50	700	49	700	49
				0.179	4.55	XS	80	2.17	3.24	850	60	850	60
1-1/4	32	1.660	42.2	0.140	3.56	STD	40	2.27	3.39	1200	84	1300	91
				0.191	4.85	XS	80	3.00	4.47	1800	127	1900	134
1-1/2	40	1.900	48.3	0.145	3.68	STD	40	2.72	4.05	1200	84	1300	91
				0.200	5.08	XS	80	3.63	5.41	1800	127	1900	134
2	50	2.375	60.3	0.154	3.91	STD	40	3.65	5.44	2300	162	2500	176
				0.218	5.54	XS	80	5.02	7.48	2500	176	2500	176
2-1/2	65	2.875	73	0.203	5.16	STD	40	5.79	8.63	2500	176	2500	176
				0.276	7.01	XS	80	7.66	11.41	2500	176	2500	176
				0.375	9.52	-	160	-	-	2500	176	2500	176
				0.552	14.02	XXS	-	-	-	2500	176	2500	176
3	80	3.500	88.9	0.125	3.18	-	-	4.51	6.72	1290	91	1500	105
				0.156	3.96	-	-	5.57	8.29	1600	112	1870	131
				0.188	4.78	-	-	6.65	9.92	1930	136	2260	159
				0.216	5.49	STD	40	7.58	11.29	2220	156	2500	176
				0.250	6.35	-	-	8.68	12.93	2500	176	2500	176
				0.281	7.14	-	-	9.66	14.40	2500	176	2500	176
				0.300	7.62	XS	80	10.25	15.27	2500	176	2500	176
				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	100	4.500	114.3	0.125	3.18	-	-	5.84	8.71	1000	70	1170	82
				0.156	3.96	-	-	7.24	10.78	1250	88	1460	103
				0.188	4.78	-	-	8.66	12.91	1500	105	1750	123
				0.219	5.56	-	-	10.01	14.91	1750	123	2040	143
				0.237	6.02	STD	40	10.79	16.07	1900	134	2210	155
				0.250	6.35	-	-	11.35	16.90	2000	141	2330	164
				0.281	7.14	-	-	12.66	18.87	2250	158	2620	184
				0.312	7.92	-	-	13.98	20.78	2500	176	2800	197
5	125	5.563	141.3	0.188	4.78	-	-	10.79	16.09	1220	86	1420	100
				0.219	5.56	-	-	12.50	18.61	1420	100	1650	116
				0.258	6.55	STD	40	14.62	21.77	1670	117	1950	137
				0.281	7.14	-	-	15.85	23.62	1820	128	2120	149
				0.312	7.92	-	-	17.50	26.05	2020	142	2360	166
				0.344	8.74	-	-	19.17	28.57	2230	157	2600	183
6	150	6.625	168.3	0.375	9.52	XS	80	20.78	30.94	2430	171	2800	197
				0.188	4.78	-	-	12.92	19.27	1020	72	1190	84
				0.219	5.56	-	-	14.98	22.31	1190	84	1390	98
				0.250	6.35	-	-	17.02	25.36	1360	96	1580	111
				0.280	7.11	STD	40	18.97	28.26	1520	107	1780	125
				0.312	7.92	-	-	21.04	31.32	1700	120	1980	139
				0.344	8.74	-	-	23.08	34.39	1870	131	2180	153
				0.375	9.52	-	-	25.02	37.28	2040	143	2380	167
				0.432	10.97	XS	80	28.57	42.56	2350	165	2740	193
				0.562	14.27	-	120	36.39	54.20	2800	197	2800	197
				0.719	18.26	-	160	45.35	67.56	2800	197	2800	197
				0.864	21.95	XXS	-	53.16	79.22	2800	197	2800	197



Anexo 3: Registro histórico de estación Meteorológica de Pausa – SENAMHI.

Marzo, 2014.

Estación : PAUZA , Tipo Convencional - Meteorológica												
Departamento : AYACUCHO			Provincia : PAUCAR DEL SARA SARA						Distrito : PAUSA		Ir : 2014-03 ▾	
Latitud : 15° 16' 31.17"			Longitud : 73° 20' 28.08"						Altitud : 2477			
Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitacion (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Mar-2014	21.3	12.2	13.5	21.1	14.6	12.4	16.4	12.9		.3	NE	4.4
02-Mar-2014	18.9	12.1	12.2	18.3	14.9	12	14.6	13.2	0	0	S	4.4
03-Mar-2014	20.7	11.8	12.3	19.6	15.6	12	14.4	12.3	0	0	SE	4.4
04-Mar-2014	21	10.5	12.5	20.7	15.4	11.8	14.6	13.1	0	0	N	4.4
05-Mar-2014	20.4	11.2	13.3	17.5	14.3	12.2	13.6	13.2	0	2.6	E	2.5
06-Mar-2014	20.6	12.3	12.6	19.9	14.1	12.1	14.6	13.3	.5	9.2	N	2.5
07-Mar-2014	22.1	11.7	12.7	21.9	15.8	12.2	16.2	13.5	0	0	E	2.5
08-Mar-2014	21.5	11	13.7	20.9	14.1	12.4	14.9	13.3	1.4	2.6	E	2.5
09-Mar-2014	22.6	11	13.9	22.4	13.7	12.3	16.1	13.5	0	1.9	NE	4.4
10-Mar-2014	17.4	10.4	10.8	15.8	14.4	10.5	13.6	12.7	0	0	E	2.5
11-Mar-2014	20.4	10.8	10.9	20	15.5	10.6	14.6	12.6	.4	.3	NE	2.5
12-Mar-2014	22.2	10.1	12.5	20.6	16.1	11.4	14.7	12.6	0	0	E	2.5
13-Mar-2014	22.3	10.5	12.9	21.5	16.3	11.7	15.4	13.1	0	-888	NE	2.5
14-Mar-2014	20.5	12.1	14.2	20.2	14.6	12.2	14.5	14.1	0	1.4	E	2.5
15-Mar-2014	21.3	11.8	12.9	20.4	16.2	12.1	15.1	12.6	0	0	NE	2.5
16-Mar-2014	22.5	10	11.9	21	15.7	10.7	15	12.5	0	0	NE	4.4
17-Mar-2014	22.1	10	12.7	19.9	15.9	11.5	14.4	13.6	0	1	NE	2.5
18-Mar-2014	22	11.8	13.7	20.9	13.9	12.7	14.2	13.3	1.3	17	NE	2.5
19-Mar-2014	19.1	12.2	13.6	17.9	14.7	12.7	15.6	13.9	4.2	2.2	C	
20-Mar-2014	22.9	9.9	12.7	22.1	16.8	11.5	16.3	13.5	.2	-888	N	4.4
21-Mar-2014	22.9	10.7	13.7	22.7	17.5	11.2	16.6	13.2	0	-888	NE	2.5
22-Mar-2014	22.8	11.9	13.3	22.5	16.7	10.7	15.4	12.2	0	0	NE	4.4
23-Mar-2014	22.2	9.9	13.2	22.1	16.4	11.1	14.6	12.7	0	0	N	2.5
24-Mar-2014	23	9.7	12.1	22.1	17.7	10.5	14.5	12.9	0	0	NE	2.5
25-Mar-2014	22.6	10	12.6	20.8	16.9	10.7	14.1	12.4	0	0	SE	4.4
26-Mar-2014	22.9	11.3	13.7	21.9	17.2	10.5	13.8	11.4	0	0	SE	4.4
27-Mar-2014	21.4	10.5	12.3	19.2	16.9	10.2	14.3	12.1	0	.2	C	
28-Mar-2014	23.4	9.2	12.1	23.1	16.1	9.9	14.6	12.4	0	0	E	4.4
29-Mar-2014	25.6	9.4	12.5	25.6	15.5	8.9	13.9	11.3	0	0	NE	4.4
30-Mar-2014	21.6	8	11.9	21.3	14.9	7.9	12.5	12.3	0	0	NE	4.4
31-Mar-2014	21.7	7.9	11.5	20.1	15.1	7.5	13.5	11.7	0	0	E	2.5

* Fuente : SENAMHI - Oficina de Estadística

* Información sin Control de Calidad

* El uso de esta Información es bajo su entera Responsabilidad



Registro histórico de estación meteorológica de Pausa-SENAMHI.
Abril, 2014.

Estación : PAUZA , Tipo Convencional - Meteorológica												
Departamento : AYACUCHO			Provincia : PAUCAR DEL SARA SARA						Distrito : PAUSA		Ir : 2014-04 ▾	
Latitud : 15° 16' 31.17"			Longitud : 73° 20' 28.08"						Altitud : 2477			
Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitacion (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Abr-2014	21.8	10	13.1	20.5	16.9	10.9	14.2	13	0	0	S	2.5
02-Abr-2014	25.5	10.4	16.2	24.4	18.2	13.1	15.3	13.7	0	0	E	4.4
03-Abr-2014	26	10.3	17.8	24.2	11.9	12.1	14.1	11.6	0	.7	NE	4.4
04-Abr-2014	22.5	13.2	14.8	21.5	14.4	11.6	13.4	13.4	0	1.1	NE	4.4
05-Abr-2014	23.7	12.6	14.9	22.5	16.5	13.3	16.4	13.3	4	.1	E	2.5
06-Abr-2014	25.2	11.5	15.3	22.9	17.2	13.5	15.5	13.5	0	0	NE	4.4
07-Abr-2014	23.7	11.7	15.7	22.5	16.4	11.9	14.5	13.7	0	0	NW	2.5
08-Abr-2014	24.9	11.2	13.7	24.1	16	11.1	14.4	13.9	0	.3	NE	4.4
09-Abr-2014	21.1	11.9	13.7	18.5	14.9	11.8	13.4	12.1	0	.7	N	2.5
10-Abr-2014	22.7	10.5	12.6	21.9	16.9	10.2	14.7	13.6	0	-888	NE	4.4
11-Abr-2014	22.9	9.6	12.5	22.1	16.1	10.1	13.9	12.5	0	0	NE	2.5
12-Abr-2014	23.7	10.1	10.6	23.4	16.2	7.7	14.7	11.3	0	0	NE	2.5
13-Abr-2014	23.6	10.6	13.3	23.4	16.7	11.1	14.2	12.1	0	0	E	2.5
14-Abr-2014	24	11.6	14.3	23.1	18.1	11.2	13.6	12.5	0	0	NE	4.4
15-Abr-2014	23.9	11.6	13.4	21.9	16.9	10.7	13.2	12.6	0	0	SE	2.5
16-Abr-2014	23.7	9.3	11.8	23.2	16.7	9.3	14.1	13.3	0	-888	E	4.4
17-Abr-2014	23.1	9.3	11.7	22.3	15.9	9.4	14.3	12.7	0	-888	NE	4.4
18-Abr-2014	21.2	10.8	13.4	18.4	14.9	10.8	13.7	13.2	0	.2	NE	2.5
19-Abr-2014	23.8	10.5	12.4	22.1	16.4	10.1	14.2	13.1	0	0	SE	2.5
20-Abr-2014	24.1	13	14.3	21.1	14.7	11.5	13.6	13.1	0	1.1	NE	2.5
21-Abr-2014	24.1	10.2	13.6	23.8	15	10	14.4	11.3	.1	0	E	2.5
22-Abr-2014	23.9	8.9	12.5	23.7	15.2	8.1	14.1	11.7	0	0	NE	4.4
23-Abr-2014	23.2	8.6	11.9	23.1	14.9	8.1	13.2	12.1	0	0	E	4.4
24-Abr-2014	26.6	8.4	12.1	25.6	20	7.5	13.7	11.4	0	0	SE	4.4
25-Abr-2014	25.5	8.8	13.7	23.9	18.4	7.7	13.1	11.5	0	0	SE	6.9
26-Abr-2014	24.5	9.5	12.6	24.3	18.1	7.1	12.2	10.8	0	0	SE	2.5
27-Abr-2014	24.2	8.3	12.1	23.6	15	6.7	12.2	9.6	0	0	SE	4.4
28-Abr-2014	24.6	8.3	11.9	23.2	15.8	7.5	12.1	10.2	0	0	SE	2.5
29-Abr-2014	22.6	9.8	11.8	21.1	15.7	8.3	11.5	9.8	0	0	NE	2.5
30-Abr-2014	21	9.5	10.2	20.4	14	6.7	12.6	10.9	0	0	E	2.5

* Fuente : SENAMHI - Oficina de Estadística
* Información sin Control de Calidad
* El uso de esta Información es bajo su entera Responsabilidad



Registro histórico de estación meteorológica de Pausa, SENAMHI.
Mayo, 2014.

Estación : PAUZA , Tipo Convencional - Meteorológica												
Departamento : AYACUCHO			Provincia : PAUCAR DEL SARA SARA					Distrito : PAUSA		Ir : 2014-05 ▾		
Latitud : 15° 16' 31.17"			Longitud : 73° 20' 28.08"					Altitud : 2477				
Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitacion (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-May-2014	23.6	7.6	10.5	23	15.2	7.2	14.8	11.2	0	0	E	2.5
02-May-2014	24.4	7.9	12.2	23.7	14.9	6.7	13	11.3	0	0	E	2.5
03-May-2014	23.6	9	13.7	22.5	17.2	8.3	13.2	12	0	0	N	2.5
04-May-2014	21.4	9.8	12	20.8	15.4	8.4	13.6	10.2	0	0	NE	2.5
05-May-2014	23.8	8.9	11.2	23.4	15.7	7.8	13.2	11.6	0	0	NE	4.4
06-May-2014	24.6	8.5	11.4	23.5	15.6	7.3	11.8	10.6	0	0	E	4.4
07-May-2014	23.9	7.8	11.3	22.7	15.3	6.1	10.5	10.8	0	0	E	4.4
08-May-2014	23.2	8.9	13.6	22.7	14.8	7.7	12.2	8.8	0	0	E	2.5
09-May-2014	22.5	7.4	12.7	22.1	13.3	8.2	12.1	8.2	0	0	E	4.4
10-May-2014	22.1	8.1	11.3	20.7	13.7	6.1	11.2	8.9	0	0	E	2.5
11-May-2014	21.3	7.9	10.7	20.4	13	7.1	10.6	9.1	0	0	SE	2.5
12-May-2014	21.1	7.4	10.7	19.7	14.1	6.7	11.1	8.7	0	0	NE	2.5
13-May-2014	21.6	8.1	10.1	19.3	14.5	7.1	11.4	8.6	0	0	SE	2.5
14-May-2014	23.4	7.2	11.7	22.7	14.9	5.9	11.4	10.2	0	0	SE	2.5
15-May-2014	23.7	7.4	10.6	22.9	14.3	5.3	11.6	10.7	0	0	E	2.5
16-May-2014	23.4	8	11.5	23.2	15.3	6.1	12.1	10.6	0	0	NE	2.5
17-May-2014	24.1	7.8	11.7	23.7	13.9	7.1	12.1	10.5	0	0	NE	2.5
18-May-2014	23.4	8.6	10.4	22.8	14.8	6.4	13.6	10.2	0	0	E	2.5
19-May-2014	24.7	9.1	12.7	21.9	15.1	7.5	12.4	11.4	0	-888	SE	2.5
20-May-2014	23.2	9.2	10.8	22.7	14.3	6.9	11.9	9.6	0	0	NE	2.5
21-May-2014	21.7	8.1	10.5	20.7	12.9	6.8	10.5	9.5	0	0	NE	2.5
22-May-2014	18.8	7.8	9.4	18.7	11.9	6.7	9.3	8.6	0	0	SE	4.4
23-May-2014	19.4	6.8	10.6	18.7	11.6	7.1	12.2	8.9	0	0	SE	4.4
24-May-2014	21.6	7	11.3	21.4	12.4	5.1	11.1	8.8	0	0	E	4.4
25-May-2014	23.4	4.6	9.8	22.8	12	4.4	11.8	6.4	0	0	NE	2.5
26-May-2014	24.1	6.5	9.8	3.8	14.8	3.9	11.4	9.3	0	0	NE	2.5
27-May-2014	25	7.1	11.1	24.6	15.1	5.6	12.1	8.7	0	0	NE	2.5
28-May-2014	23.4	6.6	9.3	22.3	15.6	4.5	10.2	9.8	0	0	SE	2.5
29-May-2014	23.2	6.9	9.8	22.3	13.2	3.7	10.2	8.3	0	0	N	2.5
30-May-2014	22.7	6.9	9.7	22.5	14.4	5.3	11.2	9.4	0	0	N	2.5
31-May-2014	23.1	6.6	9.3	23.1	12.9	4.4	11.4	8.2	0	0	N	2.5

* Fuente : SENAMHI - Oficina de Estadística

* Información sin Control de Calidad

* El uso de esta Información es bajo su entera Responsabilidad





Registro histórico de estación meteorológica de Pausa, SENAMHI.
Junio, 2014

Estación : PAUZA , Tipo Convencional - Meteorológica												
Departamento : AYACUCHO			Provincia : PAUCAR DEL SARA SARA						Distrito : PAUZA		Ir : 2014-06 ▾	
Latitud : 15° 16' 31.17"			Longitud : 73° 20' 28.08"						Altitud : 2477			
Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitacion (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Jun-2014	23.9	7.1	11.5	23.5	15.4	5.3	13	9.5	0	0	W	4.4
02-Jun-2014	23.9	7.6	13.4	22.7	17.9	6.5	12.2	8.7	0	0	SE	4.4
03-Jun-2014	24.9	7.5	12.7	24.4	15.3	6.6	11.2	9.9	0	0	S	2.5
04-Jun-2014	24.8	6.9	10.1	24.3	12.4	4.9	11.1	7	0	0	NE	4.4
05-Jun-2014	25.7	7.2	10.6	25	14.3	5.5	10.9	9.2	0	0	SE	2.5
06-Jun-2014	23.8	7.7	10	22.7	13.4	4.7	12.2	9.7	0	0	E	2.5
07-Jun-2014	22.2	7.4	10.1	21.8	12.7	5.5	13.2	8.8	0	0	N	2.5
08-Jun-2014	24	6.2	9.6	22.6	10.8	3.8	15.4	6.6	0	0	NE	2.5
09-Jun-2014	20.2	4.9	6.7	19.4	11.8	2.3	10.2	7.9	0	0	NE	2.5
10-Jun-2014	22.2	6.8	9.9	22.2	14.4	5.5	12.3	10.2	0	0	E	2.5
11-Jun-2014	22.2	9	12.8	21.3	13.9	8.5	13.4	10.1	0	0	E	2.5
12-Jun-2014	23.3	8	10.6	23.3	13.3	6.6	12.2	9.5	0	0	NE	2.5
13-Jun-2014	24	8.3	9.9	23.4	13.5	5.3	11.5	9.5	0	0	NE	2.5
14-Jun-2014	24.2	8.3	9.5	23.1	14.6	5.4	11.6	9.7	0	0	E	2.5
15-Jun-2014	24.5	8.4	11.1	23.9	14.6	5.1	13.1	9.7	0	0	NE	2.5
16-Jun-2014	25.5	10.3	12.1	24.4	15.7	6.5	12.6	9	0	0	NE	2.5
17-Jun-2014	23.9	10.2	13.5	21.4	14.5	8.5	12.6	9.5	0	0	N	2.5
18-Jun-2014	24.2	9.3	12.3	23.7	15.1	7.7	12.8	9.8	0	0	NE	2.5
19-Jun-2014	26	9.1	12.2	25.4	14.9	7.3	12.4	10.6	0	0	E	2.5
20-Jun-2014	24	9.1	11.9	23.9	15.3	6.9	11.1	10.5	0	0	NE	2.5
21-Jun-2014	23.6	8.6	10.4	22.5	13.3	5.9	10.7	9.2	0	0	NE	2.5
22-Jun-2014	25.4	9.2	11.8	24.8	13.9	6.2	14.8	9.5	0	0	S	2.5
23-Jun-2014	24.8	9.2	11.5	22.9	14	6.2	11.5	9.2	0	0	SE	4.4
24-Jun-2014	25.3	8.1	10.2	23.5	13.5	5.3	11.6	9.2	0	0	SE	6.9
25-Jun-2014	22.3	8.7	10.3	22.1	13.5	6.1	10.3	8.9	0	0	NE	2.5
26-Jun-2014	21.2	7.4	8.3	19.8	11	4.6	10.6	8.7	0	0	NE	6.9
27-Jun-2014	22.3	6.6	9.3	21.9	12.3	5.7	10.9	8.9	0	0	NE	2.5
28-Jun-2014	24.5	7.7	10.3	23.7	14.3	5.5	11.9	9.4	0	0	NE	2.5
29-Jun-2014	22.5	8.4	11	22.4	13	6.8	14.2	8.9	0	0	NE	2.5
30-Jun-2014	23.7	6	8.4	23.5	14.3	4.4	12.4	10.4	0	0	E	2.5

* Fuente : SENAMHI - Oficina de Estadística
* Informacion sin Control de Calidad
* El uso de esta Informacion es bajo su entera Responsabilidad





Anexo 4: Resultados del software AFT Fathom 8.0 (1/7)

AFT Fathom 8.0 (Output) 04/02/2014 Page 6 GYMDpuma				AFT Fathom Model							
Pipe Output Table											
Pipe	Pipe Material	Pipe Type-Schedule	Pipe Nominal Size	Vol. Flow Rate (m³/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static In (psig)	P Static Out (psig)	Length (meters)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)
1	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	87.1200	1.2984	6.891	1.300	6.891	4.3000	4.740	4.736
2	HDPE - AFT Customary	SDR 11	6 inch	87.1200	1.6697	24.955	6.721	24.955	140.6000	4.736	4.721
3	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	87.1200	1.2984	24.986	24.986	22.818	16.1000	4.721	4.722
4	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	87.1200	1.2984	22.818	22.818	22.805	0.8000	4.722	4.722
5	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	87.1200	1.2984	22.805	22.805	22.798	0.4000	4.722	4.722
6	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	87.1200	1.2984	22.707	22.707	22.693	0.9000	4.722	4.722
7	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	87.1200	1.2984	128.268	128.268	127.260	0.8000	4.722	4.723
8	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	87.1200	1.2984	127.058	127.058	126.482	0.4000	4.723	4.723
9	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	87.1200	1.2984	126.391	126.391	125.672	0.5000	4.723	4.724
X10	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	0.0000	0.0000	31.157	22.927	No Solution	0.8000	4.722	4.722
X11	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	0.0000	0.0000	No Solution	No Solution	No Solution	0.4000	4.722	4.722
X12	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	0.0000	0.0000	No Solution	No Solution	No Solution	0.9000	4.722	4.722
X13	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	0.0000	0.0000	No Solution	No Solution	No Solution	0.8000	4.722	4.723
X14	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	0.0000	0.0000	No Solution	No Solution	No Solution	0.4000	4.723	4.723
X15	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	0.0000	0.0000	133.998	No Solution	125.768	0.5000	4.723	4.724
16	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	87.1200	1.2984	125.672	125.672	125.646	1.6000	4.724	4.724
17	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	87.1200	1.2984	125.646	125.646	125.633	0.8000	4.724	4.724
18	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	87.1200	1.2984	125.605	125.605	125.499	6.5000	4.724	4.724
23	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	87.1200	1.2984	125.470	125.470	124.895	0.4000	4.724	4.724
24	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	98.0082	1.4606	122.845	122.845	118.518	3.0000	4.726	4.728
25	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	3 inch	30.0000	1.7472	118.451	118.451	117.931	7.0000	4.728	4.728
26	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	3 inch	30.0000	1.7472	121.669	117.870	121.669	2.8000	4.728	4.726
27	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	3 inch	30.0000	1.7472	121.608	121.608	121.542	1.0000	4.726	4.726
28	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	3 inch	30.0000	1.7472	120.324	120.324	119.643	10.4000	4.726	4.726
37	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	3 inch	30.0000	1.7472	119.643	119.643	118.896	11.4000	4.726	4.726
44	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	3 inch	30.0000	1.7472	118.896	118.896	118.149	11.4000	4.726	4.726
51	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	3 inch	30.0000	1.7472	118.149	118.149	117.775	5.7000	4.726	4.726
52	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	120.415	117.997	120.415	21.7000	4.726	4.724
55	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	121.553	120.415	121.553	2.0000	4.724	4.723



Anexo 4: Resultados del software AFT Fathom 8.0 (2/7)

AFT Fathom 8.0 (Output) 04/02/2014 Page 7 GYMidpuma				AFT Fathom Model							
Pipe	Pipe Material	Pipe Type-Schedule	Pipe Nominal Size	Vol. Flow Rate (m³/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static In (psig)	P Static Out (psig)	Length (meters)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)
56	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	121.553	121.553	121.553	3.5000	4.723	4.723
57	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	121.553	121.553	121.553	3.5000	4.723	4.723
58	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	68.0082	1.0135	118.598	118.598	118.282	30.6000	4.728	4.728
59	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	68.0082	1.0135	123.452	118.265	123.452	5.7000	4.728	4.725
60	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	2.0000	0.2916	123.520	123.520	122.806	0.6000	4.725	4.725
61	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	2.0000	0.2916	123.083	122.800	123.083	0.2500	4.725	4.725
62	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	2.0000	0.2916	123.924	123.081	123.924	1.8000	4.725	4.725
63	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	2.0000	0.2916	123.923	123.923	123.732	42.2000	4.725	4.725
64	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	2.0000	0.2916	126.676	123.699	126.676	2.2000	4.725	4.722
65	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	127.383	126.671	127.383	2.4000	4.722	4.722
66	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	127.952	127.383	127.952	5.0000	4.722	4.721
67	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	128.378	127.952	128.378	0.4000	4.721	4.721
68	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	128.805	128.378	128.805	0.4000	4.721	4.721
69	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	127.952	127.952	127.952	0.3000	4.721	4.721
70	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	128.378	127.952	128.378	0.4000	4.721	4.721
71	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	128.805	128.378	128.805	0.4000	4.721	4.721
72	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	2.0000	0.2916	126.674	126.674	126.665	1.9000	4.722	4.722
73	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	2.0000	0.2916	126.665	126.665	126.627	8.4000	4.722	4.722
X80	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	0.0000	0.0000	134.863	126.634	No Solution	0.7000	4.722	4.723
X81	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	0.0000	0.0000	No Solution	No Solution	No Solution	3.3000	4.723	4.723
X82	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	0.0000	0.0000	No Solution	No Solution	No Solution	5.1000	4.723	4.728
X83	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	0.0000	0.0000	No Solution	No Solution	No Solution	6.3000	4.728	4.728
X84	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	0.0000	0.0000	48.230	No Solution	No Solution	40.000	4.728	4.728
85	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	126.530	126.530	125.534	7.1000	4.722	4.722
86	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	125.497	125.497	124.531	0.8000	4.722	4.723
87	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	124.494	124.494	123.158	9.0000	4.723	4.723
88	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	124.969	123.262	124.969	2.2000	4.723	4.722
89	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	125.396	124.969	125.396	0.3000	4.722	4.721
90	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	125.680	125.396	125.680	0.3000	4.721	4.721
91	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	124.969	124.969	124.969	0.3000	4.722	4.722
92	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	125.396	124.969	125.396	0.3000	4.722	4.721
93	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	125.680	125.396	125.680	0.3000	4.721	4.721



Anexo 4: Resultados del software AFT Fathom 8.0 (3/7)

AFT Fathom 8.0 (Output) 04/02/2014 Page 8 GYMdpuma				AFT Fathom Model							
Pipe	Pipe Material	Pipe Type-Schedule	Pipe Nominal Size	Vol. Flow Rate (m ³ /hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static In (psig)	P Static Out (psig)	Length (meters)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)
94	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	123.158	123.158	122.639	3.7000	4.723	4.723
X95	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	3/4 inch	0.0000	0.0000	130.973	122.743	No Solution	0.1000	4.723	4.723
X96	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	3/4 inch	0.0000	0.0000	No Solution	No Solution	No Solution	0.3000	4.723	4.723
X97	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	3/4 inch	0.0000	0.0000	15.350	No Solution	7.120	2.5000	4.723	4.721
101	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	122.639	122.639	122.625	0.1000	4.723	4.723
102	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	122.588	122.588	122.560	0.2000	4.723	4.723
103	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	123.708	122.552	123.708	3.4000	4.723	4.722
104	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	124.599	123.670	124.599	3.1000	4.722	4.721
105	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	125.715	124.562	125.715	0.9000	4.721	4.720
106	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	89.326	88.832	89.326	0.6000	4.720	4.719
109	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	66.0082	0.9837	123.456	123.456	123.375	22.8000	4.725	4.725
110	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	125.999	123.342	125.999	3.1000	4.725	4.723
111	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	125.991	125.991	122.226	18.3000	4.723	4.723
112	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	122.189	122.189	121.843	2.2000	4.723	4.723
113	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	122.818	121.806	122.818	0.9000	4.723	4.722
114	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	106.496	105.618	106.496	0.9000	4.722	4.722
115	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	64.0082	0.9539	123.380	123.380	123.361	2.0000	4.725	4.725
116	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	3 inch	18.4588	1.0751	123.760	123.343	123.760	0.4000	4.725	4.724
118	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	3 inch	18.4588	1.0751	123.869	123.668	123.869	3.1000	4.724	4.724
119	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	3 inch	18.4588	1.0751	125.645	123.846	125.645	1.9000	4.724	4.723
120	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	3 inch	18.4588	1.0751	125.622	125.622	125.377	9.2000	4.723	4.723
126	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1-1/2 inch	5.9588	1.4518	125.300	125.300	115.792	7.2000	4.723	4.729
127	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1-1/2 inch	5.9588	1.4518	115.742	115.742	115.607	1.2000	4.729	4.729
128	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1-1/2 inch	5.9588	1.4518	115.557	115.557	113.089	1.7000	4.729	4.731
129	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1-1/2 inch	5.9588	1.4518	15.565	15.565	14.847	1.7000	4.731	4.731
130	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	3 inch	12.5000	0.7280	125.415	125.415	125.369	3.5000	4.723	4.723
X131	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	133.637	125.407	No Solution	8.9000	4.723	4.725
X132	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	No Solution	No Solution	No Solution	3.8000	4.725	4.723
X133	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	No Solution	No Solution	No Solution	0.2000	4.723	4.722
X134	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	87.230	No Solution	79.000	0.8000	4.722	4.722
135	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	12.5000	1.8226	125.167	125.167	123.098	16.5000	4.723	4.723
136	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	12.5000	1.8226	123.027	123.027	119.425	3.2000	4.723	4.725



Anexo 4: Resultados del software AFT Fathom 8.0 (4/7)

AFT Fathom 8.0 (Output) 04/02/2014 Page 9 GYMdpuma				AFT Fathom Model							
Pipe	Pipe Material	Pipe Type-Schedule	Pipe Nominal Size	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static In (psig)	P Static Out (psig)	Length (meters)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)
137	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	12.5000	1.8226	119.354	119.354	118.602	6.0000	4.725	4.725
138	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	3.5000	2.0950	118.524	118.524	115.871	4.2000	4.725	4.726
139	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	3.5000	2.0950	115.756	115.756	115.547	8.3000	4.726	4.723
140	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	3.5000	2.0950	116.357	115.433	116.357	0.9000	4.723	4.722
141	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	3.5000	2.0950	85.682	85.411	85.682	0.8000	4.722	4.721
142	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	9.0000	1.3123	118.718	118.718	118.656	0.9000	4.725	4.725
143	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	9.0000	1.3123	118.619	118.619	115.816	63.0000	4.725	4.724
144	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	9.0000	1.3123	115.816	115.816	83.860	196.5000	4.724	4.737
145	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	9.0000	1.3123	83.823	83.823	81.537	1.7000	4.737	4.738
146	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	9.0000	1.3123	82.162	81.500	82.162	0.6000	4.738	4.738
147	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	9.0000	1.3123	43.239	43.239	43.198	0.6000	4.738	4.737
148	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	9.0000	1.3123	43.385	43.161	43.385	0.9000	4.738	4.737
149	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	122.342	115.941	122.342	95.8000	4.724	4.719
150	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	122.626	122.342	122.626	0.5000	4.719	4.719
151	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	4 inch	45.5493	1.5405	123.255	123.255	122.662	16.0000	4.725	4.725
152	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	125.914	122.730	125.914	3.1000	4.725	4.722
153	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	125.906	125.906	123.348	21.6000	4.722	4.722
154	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	123.311	123.311	122.965	2.2000	4.722	4.722
155	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	123.954	122.928	123.954	0.8000	4.722	4.721
156	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	120.996	120.104	120.996	0.8000	4.721	4.720
157	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	4 inch	43.5493	1.4729	122.677	122.677	122.465	6.2000	4.725	4.725
158	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	122.634	122.519	122.634	0.2000	4.725	4.725
159	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	123.605	122.626	123.605	2.7000	4.725	4.724
160	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	125.734	123.568	125.734	1.8000	4.724	4.722
161	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	125.697	125.697	124.923	5.4000	4.722	4.722
162	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	125.505	124.885	125.505	2.8000	4.722	4.721
163	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	126.223	125.467	126.223	0.7000	4.721	4.721
164	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	72.596	72.245	72.596	0.6000	4.721	4.720
165	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	4 inch	41.5493	1.4053	122.480	122.480	122.445	1.1000	4.725	4.725
166	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	4 inch	41.5493	1.4053	127.566	122.419	127.566	3.7000	4.725	4.721
167	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	4 inch	41.5493	1.4053	127.540	127.540	127.271	8.6000	4.721	4.721
168	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	127.574	127.310	127.574	0.9000	4.721	4.721



Anexo 4: Resultados del software AFT Fathom 8.0 (5/7)

AFT Fathom 8.0 (Output) 04/02/2014 Page 10 GYMdpuma				AFT Fathom Model							
Pipe	Pipe Material	Pipe Type-Schedule	Pipe Nominal Size	Vol. Flow Rate (m³/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static In (psig)	P Static Out (psig)	Length (meters)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)
169	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	127.566	127.566	125.545	19.8000	4.721	4.720
170	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	125.507	125.507	125.176	2.1000	4.720	4.720
171	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	126.164	125.138	126.164	0.8000	4.720	4.719
172	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	80.496	79.860	80.496	0.6000	4.719	4.719
173	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	4 inch	39.5493	1.3376	127.284	127.284	126.794	17.2000	4.721	4.721
174	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	128.804	128.820	128.804	2.3000	4.721	4.719
175	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	128.796	128.796	126.889	20.0000	4.719	4.719
176	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	126.852	126.852	126.506	2.2000	4.719	4.719
177	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	127.480	126.468	127.480	0.9000	4.719	4.718
178	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	80.696	79.675	80.696	0.9000	4.718	4.717
179	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	4 inch	35.5493	1.2023	126.263	126.639	125.639	26.7000	4.721	4.721
180	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	4 inch	35.5493	1.2023	134.005	125.611	134.005	6.0000	4.721	4.715
181	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	4 inch	35.5493	1.2023	133.978	133.978	133.973	0.2000	4.715	4.715
190	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	4 inch	35.5493	1.2023	129.458	128.585	129.458	7.8000	4.715	4.714
192	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1/2 inch	0.0000	0.0000	118.691	116.273	118.691	8.6000	4.715	4.713
193	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1/2 inch	0.0000	0.0000	118.691	118.691	118.691	2.0000	4.713	4.713
194	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1/2 inch	0.0000	0.0000	118.975	118.691	118.975	0.4000	4.713	4.713
195	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	4 inch	35.5493	1.2023	129.430	129.430	128.902	22.6000	4.714	4.714
196	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1/2 inch	1.4664	2.6966	128.480	128.480	115.745	8.7000	4.714	4.715
197	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1/2 inch	1.4664	2.6966	115.745	115.745	104.585	10.2000	4.715	4.713
198	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1/2 inch	1.4664	2.6966	43.713	43.677	43.713	0.3000	4.713	4.713
199	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	4 inch	34.0829	1.1527	128.911	128.911	128.906	0.2000	4.714	4.714
202	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	3 inch	24.6150	1.4336	128.699	128.699	127.094	9.4000	4.714	4.714
203	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	3 inch	24.6150	1.4336	127.094	127.094	126.926	3.7000	4.714	4.714
206	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	3 inch	24.6150	1.4336	126.885	126.885	126.717	3.7000	4.714	4.714
X210	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	2-1/2 inch	0.0000	0.0000	135.473	127.243	No Solution	2.3000	4.714	4.715
X211	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	2-1/2 inch	0.0000	0.0000	15.350	No Solution	7.120	0.3000	4.714	4.713
X212	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	No Solution	No Solution	No Solution	1.8000	4.715	4.713
X213	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	No Solution	No Solution	No Solution	0.9000	4.713	4.712
X214	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	No Solution	No Solution	No Solution	0.3000	4.712	4.712
215	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	3 inch	23.6610	1.3780	126.325	126.325	126.265	0.5000	4.714	4.714
216	HDPE - AFT Customary	SDR 11	3 inch	23.6610	1.6248	31.533	31.533	6.929	720.0001	4.714	4.703



Anexo 4: Resultados del software AFT Fathom 8.0 (6/7)

AFT Fathom 8.0 (Output) 04/02/2014 Page 11 GYMdpuma				AFT Fathom Model							
Pipe	Pipe Material	Pipe Type-Schedule	Pipe Nominal Size	Vol. Flow Rate (m ³ /hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static In (psig)	P Static Out (psig)	Length (meters)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)
217	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	123.562	119.864	123.562	3.7000	4.726	4.723
218	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	123.847	123.562	123.847	0.3000	4.723	4.723
219	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	123.990	123.847	123.990	0.2000	4.723	4.723
220	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	123.847	123.562	123.847	0.3000	4.723	4.723
221	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	123.990	123.847	123.990	0.2000	4.723	4.723
222	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	123.562	123.562	123.562	0.3000	4.723	4.723
223	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	122.815	119.117	122.815	3.7000	4.726	4.723
224	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	123.100	122.815	123.100	0.3000	4.723	4.723
225	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	123.243	123.100	123.243	0.2000	4.723	4.723
226	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	123.100	122.815	123.100	0.3000	4.723	4.723
227	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	123.243	123.100	123.243	0.2000	4.723	4.723
228	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	122.815	122.815	122.815	0.3000	4.723	4.723
229	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	122.068	118.370	122.068	3.7000	4.726	4.723
230	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	122.353	122.068	122.353	0.3000	4.723	4.723
231	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	122.496	122.353	122.496	0.2000	4.723	4.723
232	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	122.353	122.068	122.353	0.3000	4.723	4.723
233	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	122.496	122.353	122.496	0.2000	4.723	4.723
234	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	122.068	122.068	122.068	0.3000	4.723	4.723
235	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	3 inch	30.0000	1.7472	117.775	117.775	117.402	5.7000	4.726	4.726
X238	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	2-1/2 inch	0.0000	0.0000	No Solution	No Solution	No Solution	3.3000	4.715	4.714
239	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	2.0000	0.2916	123.732	123.732	123.701	7.0000	4.725	4.725
X240	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	0.0000	0.0000	131.968	123.738	No Solution	0.3000	4.725	4.725
X241	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	0.0000	0.0000	48.230	No Solution	40.000	19.2000	4.725	4.737
X242	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	0.0000	0.0000	No Solution	No Solution	No Solution	7.2000	4.729	4.734
X243	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	0.0000	0.0000	48.230	No Solution	40.000	0.7000	4.734	4.734
X245	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	2 inch	0.0000	0.0000	133.691	125.461	No Solution	15.2000	4.723	4.729
246	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	3 inch	18.4588	1.0751	125.377	125.377	125.369	0.3000	4.723	4.723
247	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	3 inch	30.0000	1.7472	119.828	117.341	119.828	21.4000	4.726	4.722
250	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	3 inch	27.5897	1.6069	125.082	128.815	129.082	7.7000	4.714	4.714
257	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1-1/2 inch	6.4932	1.5820	128.821	126.517	126.517	6.2000	4.714	4.715
258	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1-1/2 inch	6.4932	1.5820	129.295	126.458	129.295	2.2000	4.715	4.713
259	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1-1/2 inch	6.4932	1.5820	4.898	4.512	4.898	0.3000	4.713	4.713

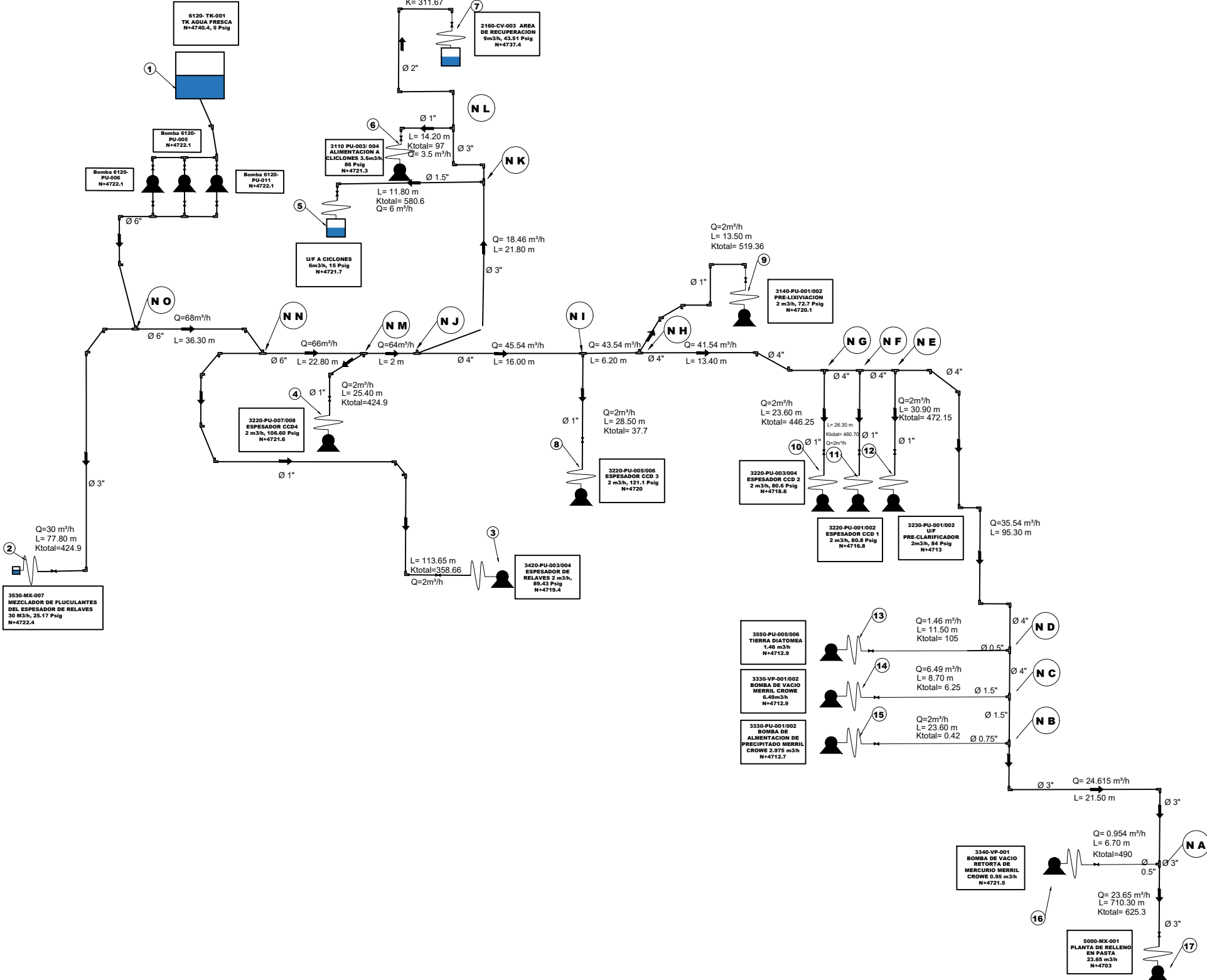









Anexo 4: Resultados del software AFT Fathom 8.0 (7/7)

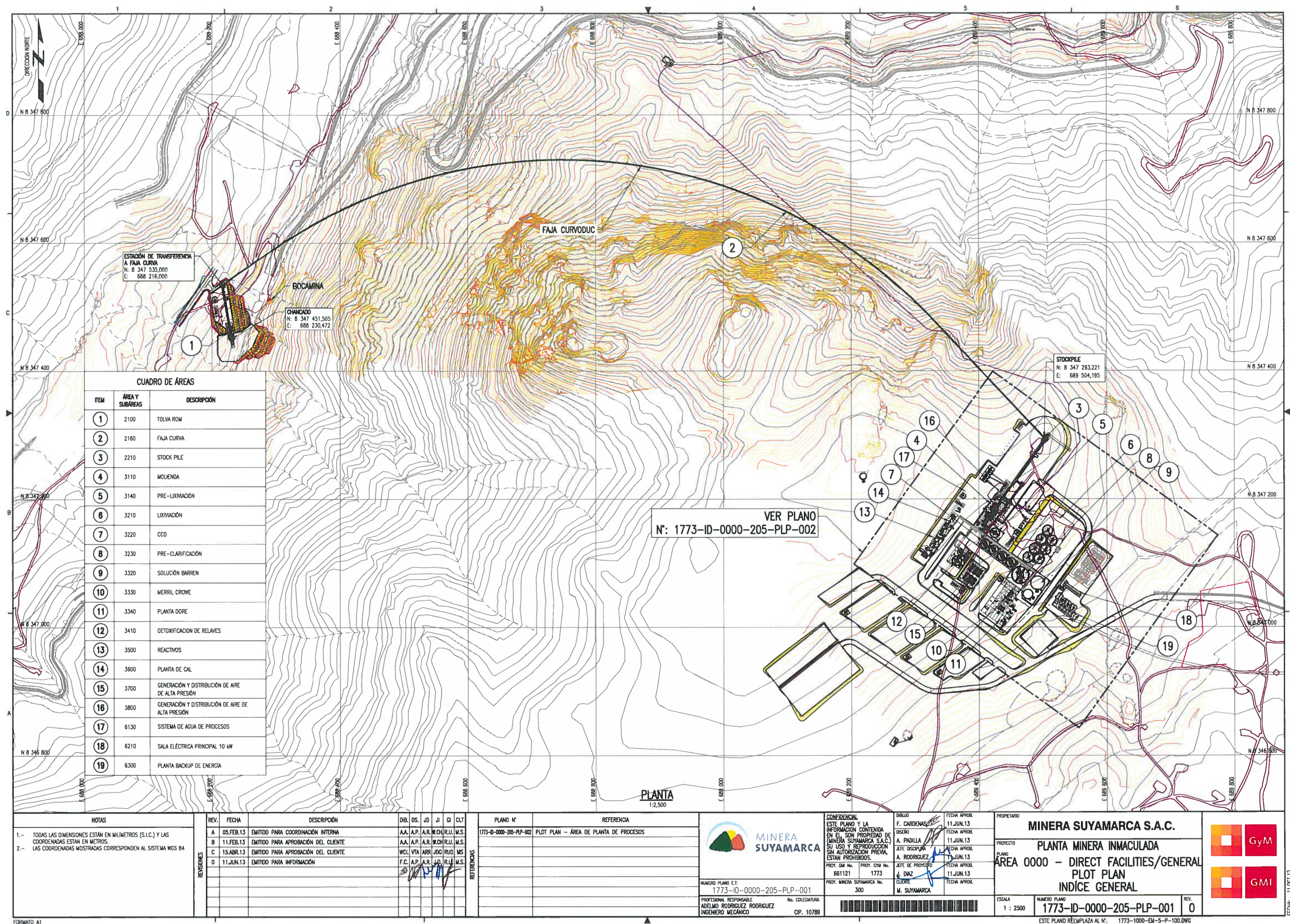
AFT Fathom 8.0 (Output) 04/02/2014 Page 12 GYMdpuma				AFT Fathom Model							
Pipe	Pipe Material	Pipe Type-Schedule	Pipe Nominal Size	Vol. Flow Rate (m³/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static In (psig)	P Static Out (psig)	Length (meters)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)
260	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	3 inch	24.6150	1.4336	129.120	129.120	128.740	8.4000	4.714	4.714
261	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	3/4 inch	2.9747	2.9620	128.633	128.633	115.943	11.5000	4.714	4.714
262	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	3/4 inch	2.9747	2.9620	115.697	115.697	115.074	1.0000	4.714	4.714
263	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	3/4 inch	2.9747	2.9620	115.394	115.021	115.394	1.0000	4.714	4.713
264	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1/2 inch	0.9540	1.7543	126.643	126.643	123.810	5.0000	4.714	4.714
265	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1/2 inch	0.9540	1.7543	124.895	123.719	124.895	1.4000	4.714	4.713
266	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1/2 inch	0.9540	1.7543	4.857	4.605	4.857	0.3000	4.713	4.713
267	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	3 inch	23.6610	1.3780	126.729	126.729	126.325	9.6000	4.714	4.714
268	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	127.174	126.462	127.174	0.9000	4.714	4.714
269	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	127.885	127.174	127.885	0.5000	4.714	4.713
270	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	128.311	127.885	128.311	0.4000	4.713	4.713
271	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	127.174	127.174	127.174	0.3000	4.714	4.714
272	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	127.885	127.174	127.885	0.5000	4.714	4.713
273	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	0.0000	0.0000	128.311	127.885	128.311	0.4000	4.713	4.713
274	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	87.1200	1.2984	124.895	124.895	122.878	1.6000	4.724	4.726
X275	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1-1/2 inch	0.0000	0.0000	133.247	125.017	No Solution	0.3000	4.724	4.724
X276	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1-1/2 inch	0.0000	0.0000	68.420	No Solution	60.190	31.0000	4.724	4.724
277	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	3 inch	30.0000	1.7472	25.924	25.924	25.479	1.0000	4.722	4.722
278	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	4 inch	35.5493	1.2023	129.361	129.361	128.612	32.0000	4.715	4.715
288	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	83.896	82.762	83.896	1.1000	4.714	4.713
289	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	128.402	126.284	128.402	2.0000	4.721	4.719
290	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	131.757	130.617	131.757	1.0000	4.715	4.714
291	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	132.691	128.394	132.691	12.8000	4.719	4.715
292	Steel - ANSI	XS (schedule 80)	1 inch	2.0000	1.1971	132.654	132.654	130.654	14.0000	4.715	4.715
293	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	4 inch	37.5493	1.2700	126.807	126.807	126.251	21.5000	4.721	4.721
X900	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	0.0000	0.0000	31.170	22.940	No Solution	0.8000	4.722	4.722
X901	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	0.0000	0.0000	No Solution	No Solution	No Solution	0.4000	4.722	4.722
X902	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	0.0000	0.0000	No Solution	No Solution	No Solution	0.9000	4.722	4.722
X903	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	0.0000	0.0000	No Solution	No Solution	No Solution	0.8000	4.722	4.723
X904	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	0.0000	0.0000	No Solution	No Solution	No Solution	0.4000	4.723	4.723
X905	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	0.0000	0.0000	134.024	No Solution	125.794	0.5000	4.723	4.724
906	Steel - ANSI	STD (schedule 40)	6 inch	0.0000	0.0000	125.794	125.794	125.794	1.6000	4.724	4.724

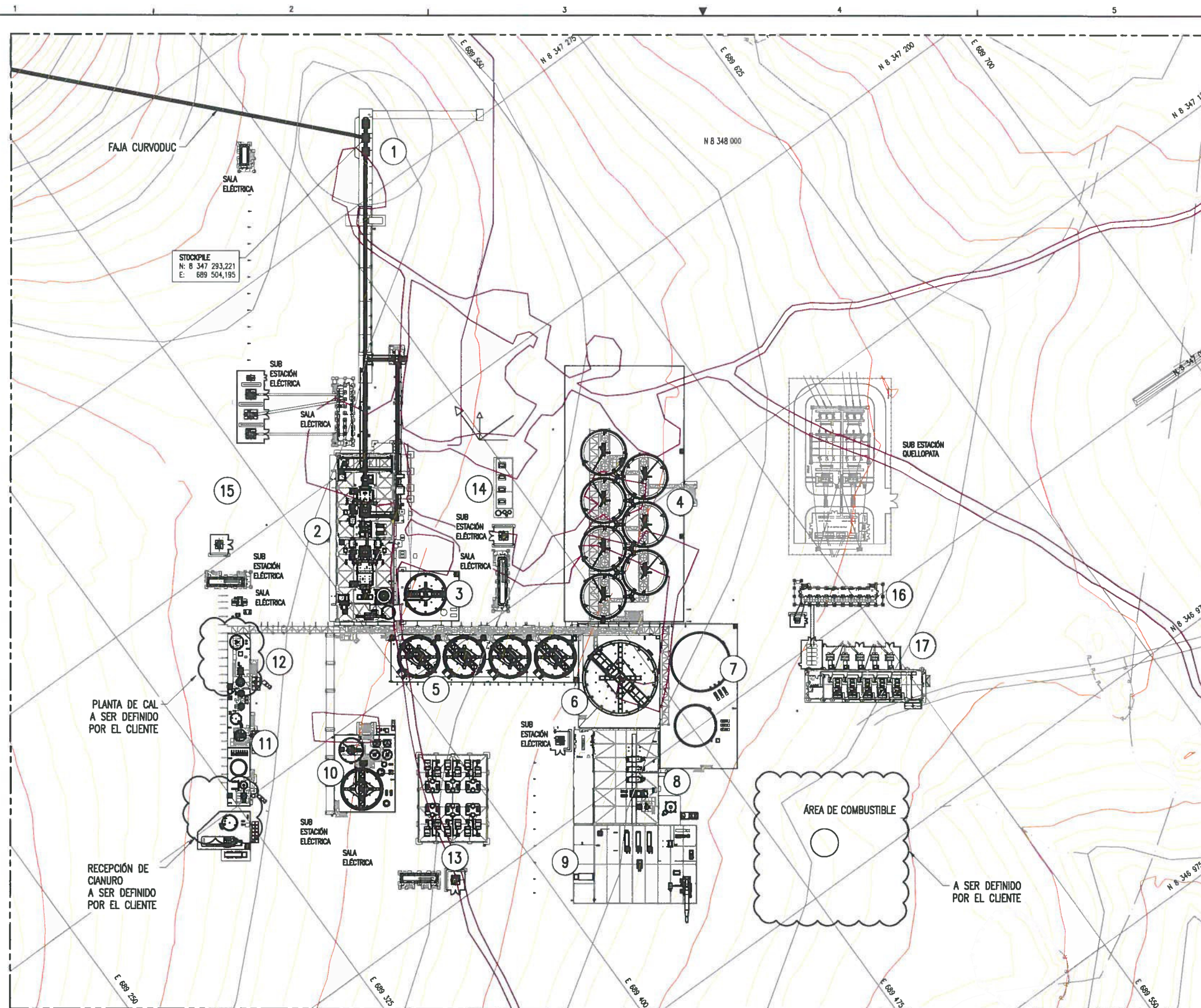


HIDRÁULICO



LEYENDA	
	Dirección del flujo
	Bomba PU-005 (En funcionamiento)
	Bombas PU-006 (stand by), PU-011 (stand by)
	Nomenclatura del Nodo
	Nomenclatura del equipo
	Válvula
	Tanque de agua
Q	Caudal volumétrico
L	Longitud del tramo
Ktotal	Suma total del coeficiente K de accesorios (codo, tees y válvulas)

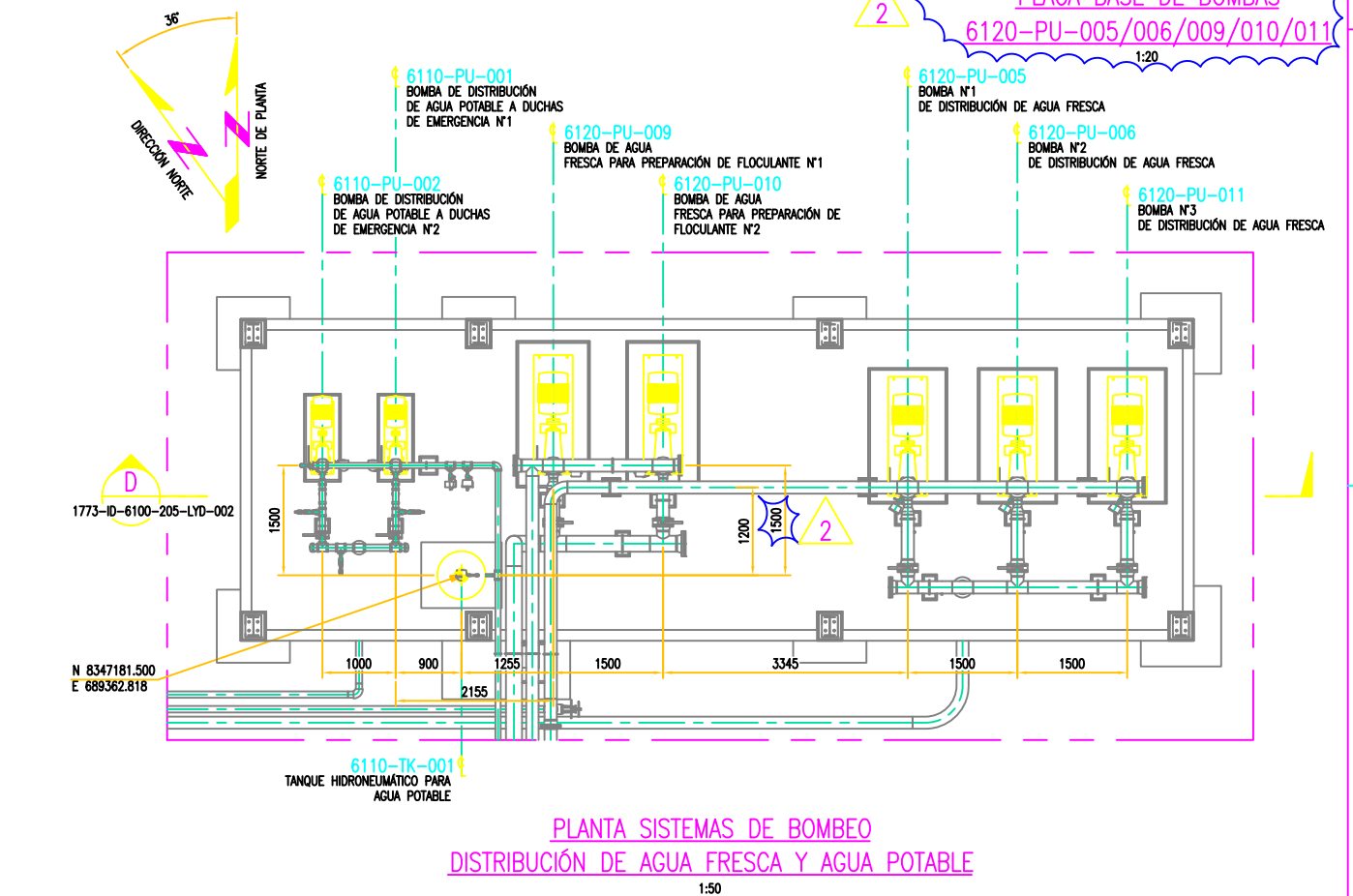
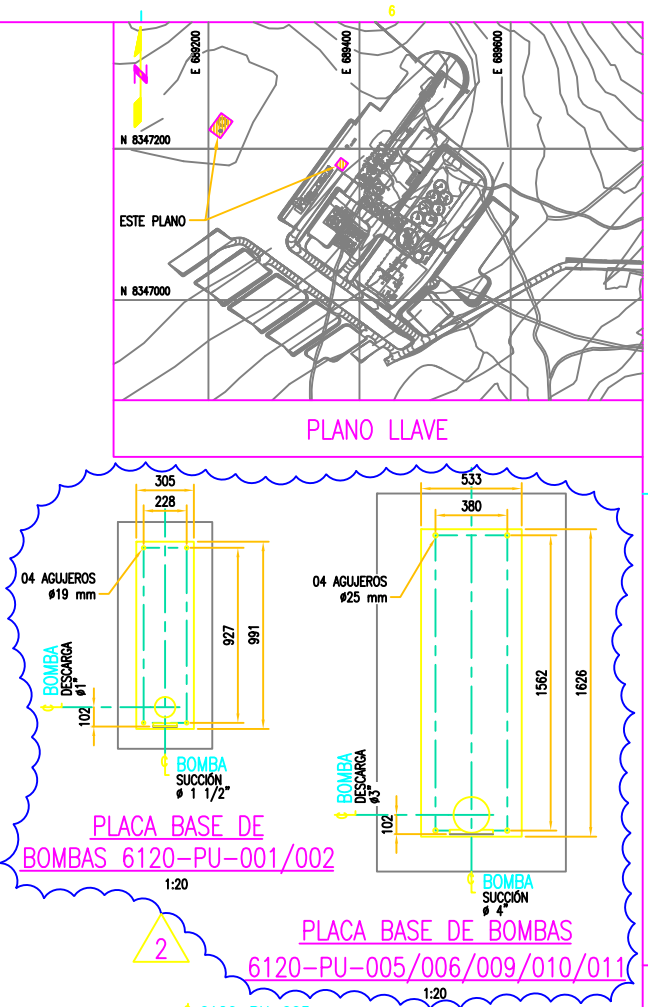
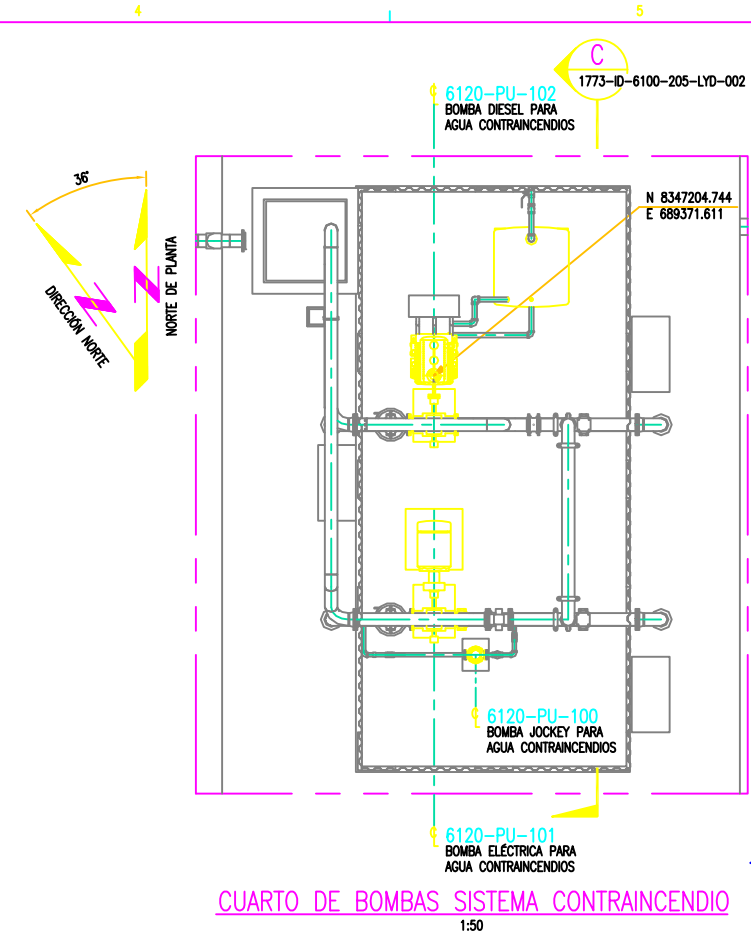
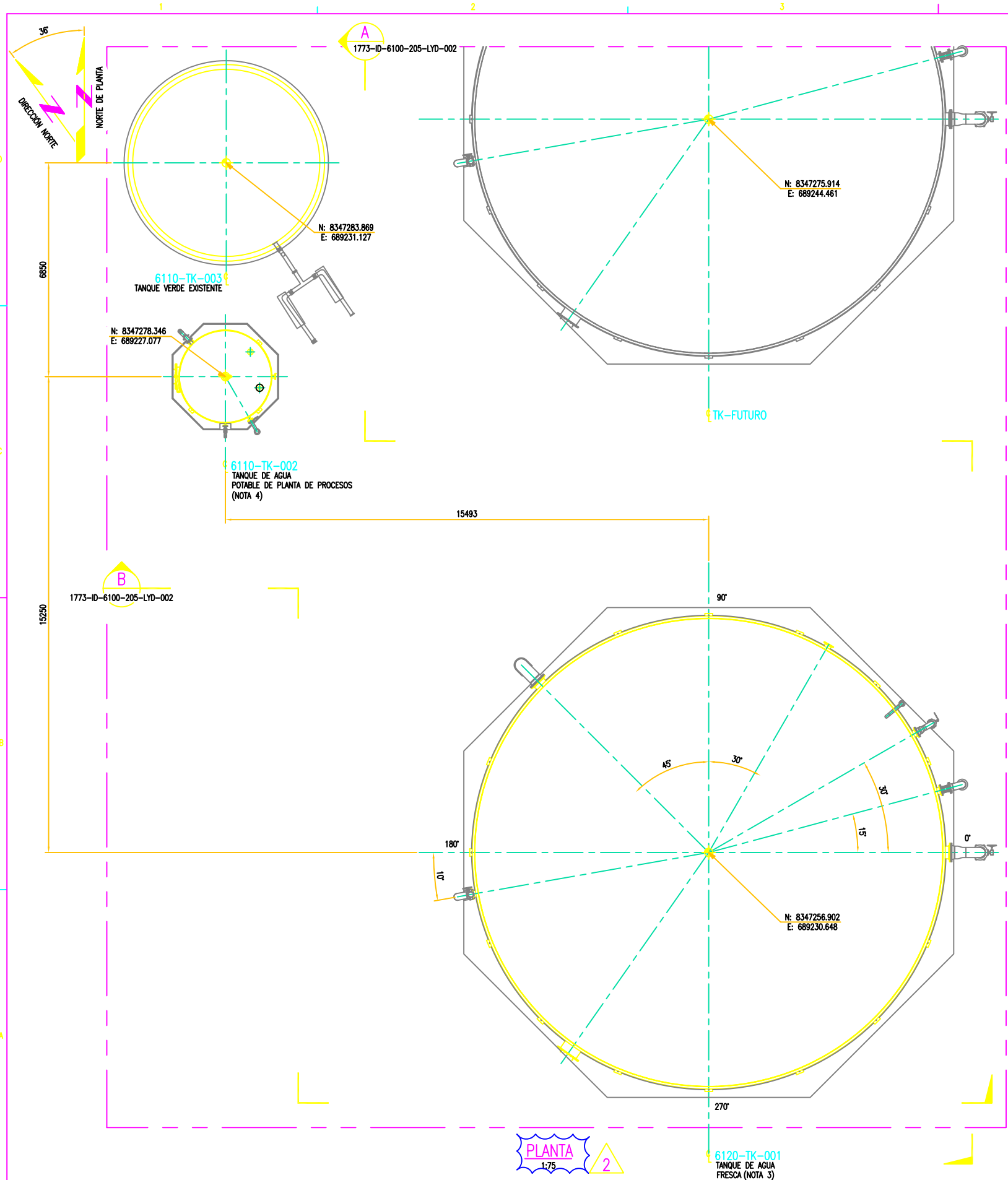




CUADRO DE ÁREAS		
ITEM	ÁREA Y SUB-ÁREAS	DESCRIPCIÓN
1	2210	STOCKPILE
2	3110	MOLIENDA
3	3140	PRE-LIXIVIACIÓN
4	3210	LIXIVIACIÓN
5	3220	DECANTACIÓN EN CONTRACORRIENTE - C
6	3230	PRE-CLARIFICACIÓN
7	3320	SOLUCIÓN BARREN
8	3330	MERRILL CROWE
9	3340	PLANTA DORÉ
10	3410	DETOXIFICACIÓN DE RELAVES
11	3500	REACTIVOS
12	3600	PLANTA DE CAL
13	3710	GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE OXÍGENO DE OXÍGENO @ 61 PSI
14	3800	GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AIRE DE ALTA PRESIÓN
15	6130	SISTEMA DE AGUA DE PROCESOS
16	6210	SALA ELÉCTRICA PRINCIPAL 10 KW
17	6300	PLANTA BACKUP DE ENERGÍA

PLANTA
1:750

[illegible]

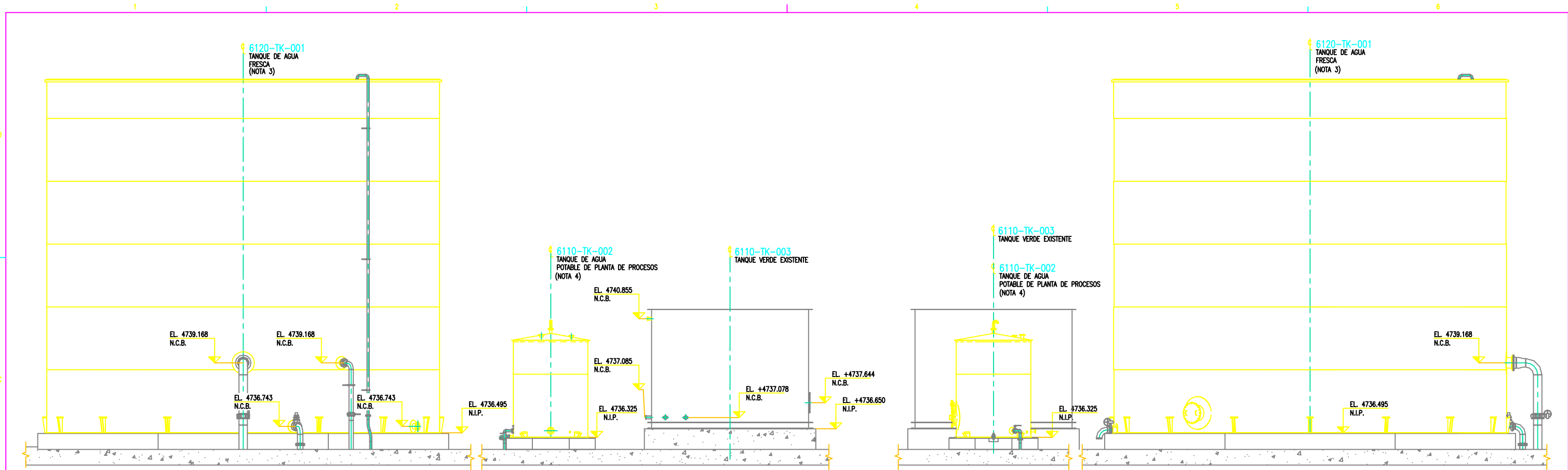


NOTAS	
1.-	TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS (S.I.C.) Y LAS COORDENADAS EN METROS
2.-	LAS COORDENADAS MOSTRADAS CORRESPONDEN AL SISTEMA DE COORDENADAS WGS84.
3.-	PARA DETALLES DEL TANQUE VER PLANO N° 1773-ID-1773-ID-6120-205-DTL-001
4.-	PARA DETALLES DEL TANQUE VER PLANO N° 1773-ID-6110-205-DTL-002

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIB.	DS.	J.D.	J.P.	GP.	CLT.
A	21.FEB.13	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	R.G.	A.P.	A.R.	V.O.	R.U.	M.S.
B	14.AGO.13	EMITIDO PARA REVISIÓN	A.A.	A.P.	A.R.	J.D.	R.U.	M.S.
C	10.FEB.14	EMITIDO PARA REVISIÓN	S.C.	V.T.	A.R.	J.D.	R.U.	M.S.
D	19.FEB.14	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	S.C.	V.T.	A.R.	J.D.	R.U.	M.S.
1	27.JUN.14	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	Z.O.	J.C.	A.R.	J.D.	R.U.	M.S.
2	02.OCT.14	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	S.C.	W.C.	V.T.	M.S.	R.U.	M.S.

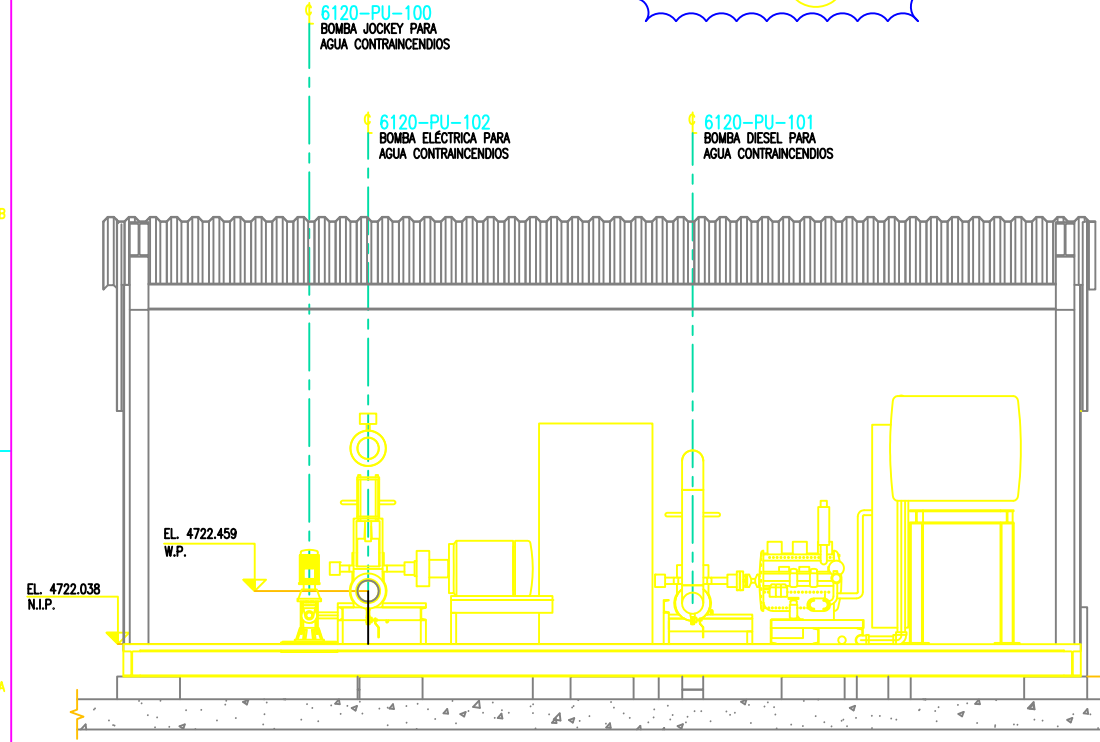
PLANO N°	REFERENCIA
1773-ID-3000-205-GAD-001	ÁREA 3000 - ARREGLO MECÁNICO GENERAL - PLANTA
1773-ID-6100-205-LYD-002	ÁREA 6100 - DISPOSICIÓN MECÁNICA - SECCIONES
1773-ID-6100-205-LYD-003	ÁREA 6100 - DISPOSICIÓN MECÁNICA - 3D

 <div>MINERA SUYAMARCA</div>	CONFIDENCIAL ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN EL SON PROPIEDAD DE MINERA SUYAMARCA S.A.C. SU USO Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN PREVIA, ESTÁN PROHIBIDOS.	DIBUJO S. CASTILLO	FECHA APROB. 19 FEB 14	PROPIETARIO MINERA SUYAMARCA S.A.C.		
		DISEÑO V. TORRES	FECHA APROB. 19 FEB 14			
		JEFE DISCIPLINA A. RODRIGUEZ	FECHA APROB. 19 FEB 14			
PROY. GMI No. 661121	PROY. GYM No. 1773	JEFE DE PROYECTO J. DIAZ	FECHA APROB. 19 FEB 14	PROYECTO PLANO PLANTA MINERA INMACULADA ÁREA 6100 – ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN AGUA/DESAGÜE – DISPOSICIÓN MECÁNICA PLANTA		
PROY. MINERA SUYAMARCA No. 300		CLIENTE CLIENTE	FECHA APROB.			
NÚMERO PLANO E.T.: 1773-ID-6100-205-LYD-001						
PROFESIONAL RESPONSABLE RODRIGUEZ RODRIGUEZ ADELMO INGENIERO MECÁNICO		No. COLEGIATURA CIP: 10789		ESCALA TRUCAL	NUMERO PLANO 1773-ID-6100-205-LYD-001	REV. 2

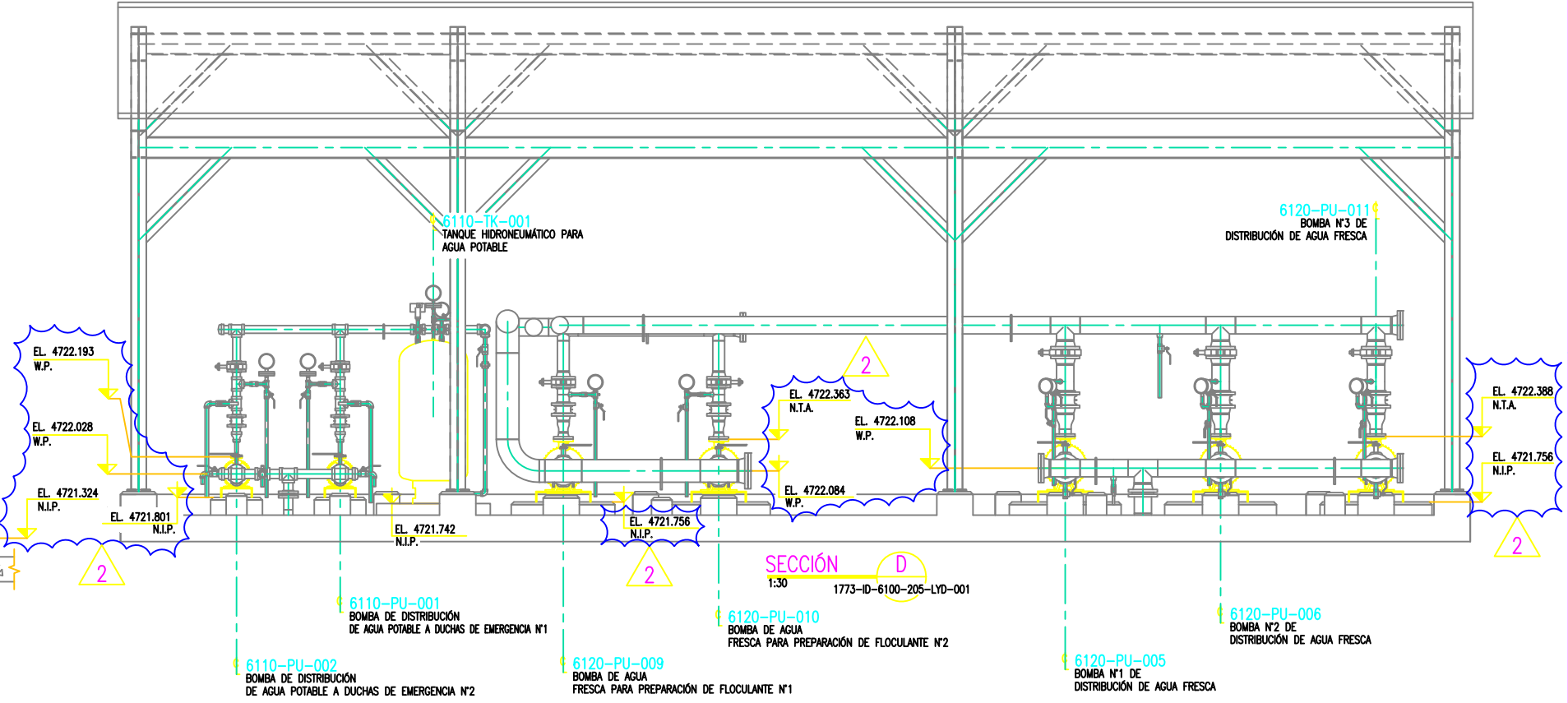


SECCIÓN A
1:75
1773-ID-6100-205-LYD-001

VISTA B
1:75
1773-ID-6100-205-LYD-001



SECCIÓN C
1:25
1773-ID-6100-205-LYD-001



SECCIÓN D
1:30
1773-ID-6100-205-LYD-001

NOTAS

1.- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS (S.I.C.) Y LAS COORDENADAS EN METROS

2.- LAS COORDENADAS MOSTRADAS CORRESPONDEN AL SISTEMA DE COORDENADAS WGS84.

3.- PARA DETALLES DEL TANQUE VER PLANO N° 1773-ID-1773-ID-6100-205-DTL-001

4.- PARA DETALLES DEL TANQUE VER PLANO N° 1773-ID-6110-205-DTL-002

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIB.	DS.	JD.	JP.	GP.	CLT.
A	21.FEB.13	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	R.G.	A.P.	A.R.	W.O.	R.U.	M.S.
B	14.AGO.13	EMITIDO PARA REVISIÓN	A.A.	A.P.	A.R.	J.D.	R.U.	M.S.
C	10.FEB.14	EMITIDO PARA REVISIÓN	S.C.	V.T.	A.R.	J.D.	R.U.	M.S.
D	19.FEB.14	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	S.C.	V.T.	A.R.	J.D.	R.U.	M.S.
1	27.JUN.14	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	Z.Q.	J.C.	A.R.	J.D.	R.U.	M.S.
2	02.OCT.14	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	S.C.	W.C.	V.T.	N.S.	R.U.	M.S.

PLANO N°	REFERENCIA
1773-ID-6100-205-LYD-001	ÁREA 6100 - DISPOSICIÓN MECÁNICA - PLANTA



MINERA SUYAMARCA

CONFIDENCIAL

ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN EL SON PROPIEDAD DE MINERA SUYAMARCA S.A.C. SU USO Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN PREVIA, ESTÁN PROHIBIDOS.

PROY. GYM No. 661121
PROY. MINERA SUYAMARCA No. 300

PROY. GYM No. 1773
JEFE DE PROYECTO J. DIAZ
CLIENTE

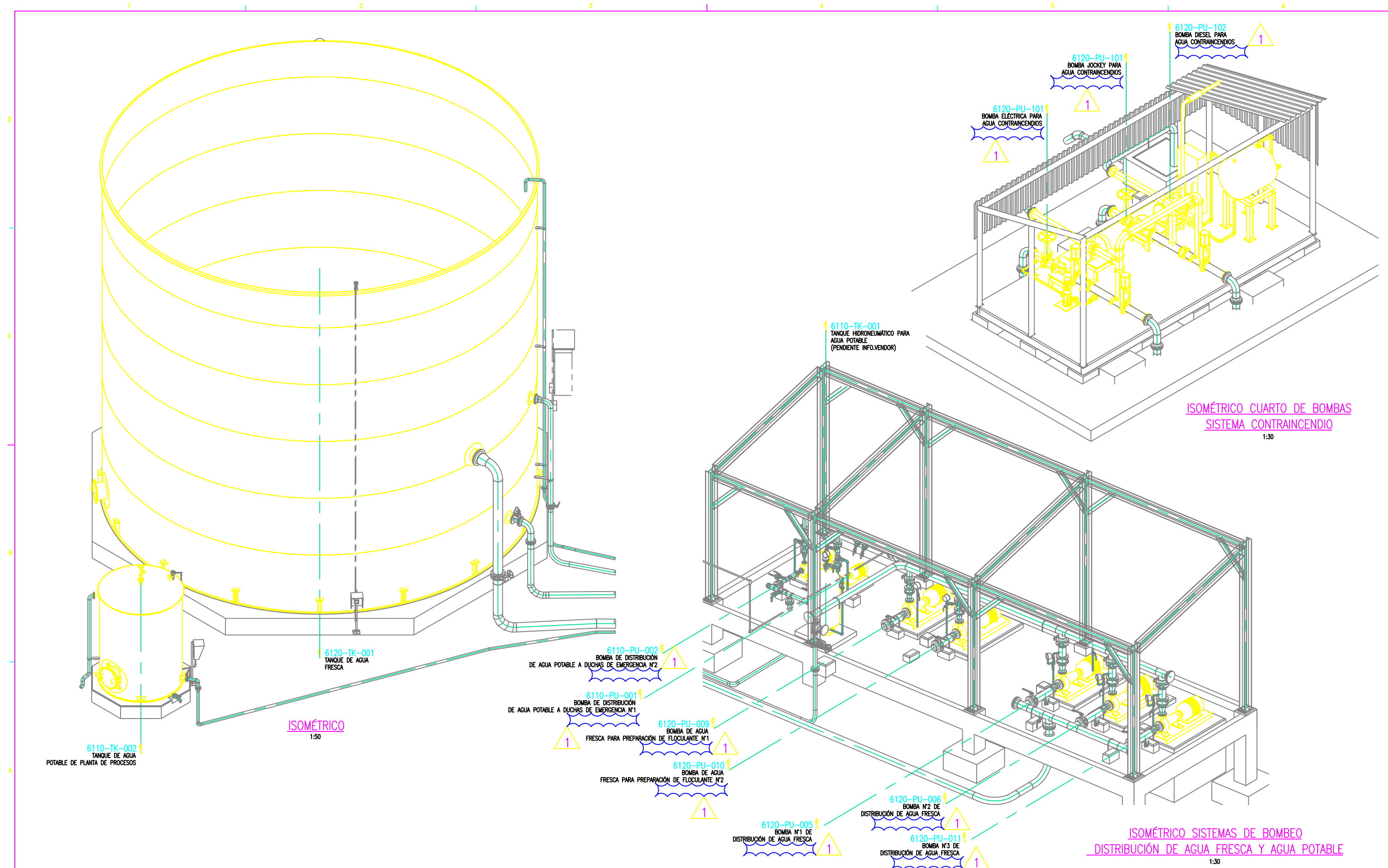
DIBUJO S. CASTILLO
DISEÑO V. TORRES
JEFE DISCIPLINA A. RODRIGUEZ
JEFE DE PROYECTO J. DIAZ
CLIENTE

FECHA APROB. 19 FEB 14
FECHA APROB. 19 FEB 14
FECHA APROB. 19 FEB 14
FECHA APROB. 19 FEB 14
FECHA APROB.

PROPIETARIO MINERA SUYAMARCA S.A.C.
PROYECTO PLANTA MINERA INMACULADA
PLANO ÁREA 6100 - ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN AGUA/DESAGÜE - DISPOSICIÓN MECÁNICA SECCIONES

ESCALA 1:100
NÚMERO PLANO 1773-ID-6100-205-LYD-002
REV. 2





NOTAS

1.- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS (S.I.C.) Y LAS COORDENADAS EN METROS

2.- LAS COORDENADAS MOSTRADAS CORRESPONDEN AL SISTEMA DE COORDENADAS WGS84.

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIB.	DS.	J.D.	J.P.	GP.	CLT.
A	21.FEB.13	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	R.G.	A.P.	A.R.	W.O.H.	R.U.	M.S.
B	14.AGO.13	EMITIDO PARA REVISIÓN	A.A.	A.P.	A.R.	J.D.	R.U.	M.S.
C	10.FEB.14	EMITIDO PARA REVISIÓN	S.C.	V.T.	A.R.	J.D.	R.U.	M.S.
D	19.FEB.14	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	S.C.	V.T.	A.R.	J.D.	R.U.	M.S.
1	27.JUN.14	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	Z.O.	J.C.	A.R.	J.D.	R.U.	M.S.

PLANO N°	REFERENCIA
1773-ID-6100-205-LYD-001	ÁREA 6100 - DISPOSICIÓN MECÁNICA - PLANTA



MINERA
SUYAMARCA

NUMERO PLANO E.T:
1773-ID-6100-205-LYD-003

PROFESIONAL RESPONSABLE
RODRIGUEZ RODRIGUEZ ADELMO
INGENIERO MECÁNICO

CONFIDENCIAL ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN EL SON PROPIEDAD DE MINERA SUYAMARCA S.A.C. SU USO Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.	DIBUJO	FECHA APROB.
PROY. GYM No. 661121	PROY. GYM No. 1773	FECHA APROB.
PROY. MINERA SUYAMARCA No. 300	JEFE DE PROYECTO	FECHA APROB.
	CLIENTE	FECHA APROB.

PROPIETARIO
MINERA SUYAMARCA S.A.C.

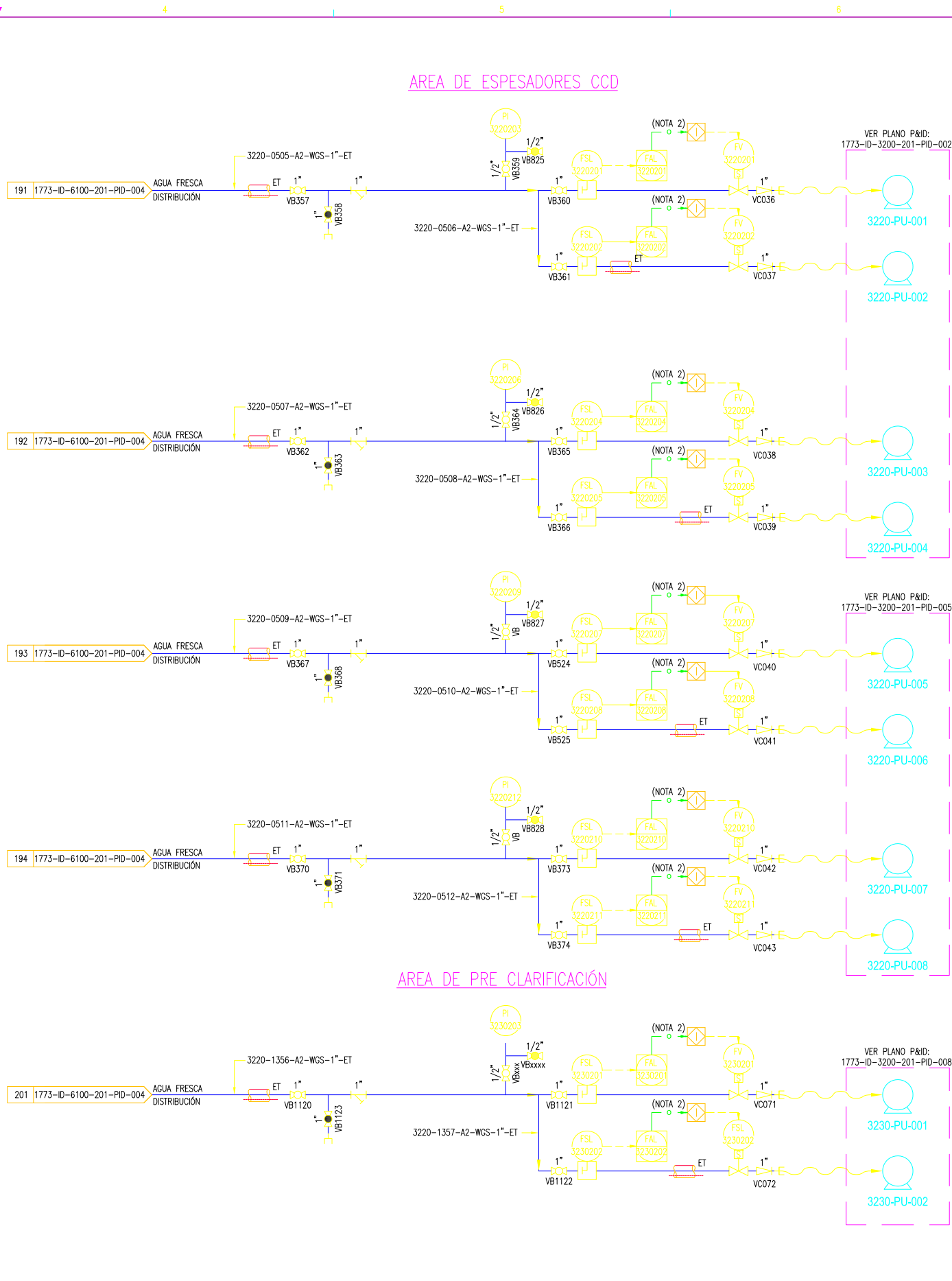
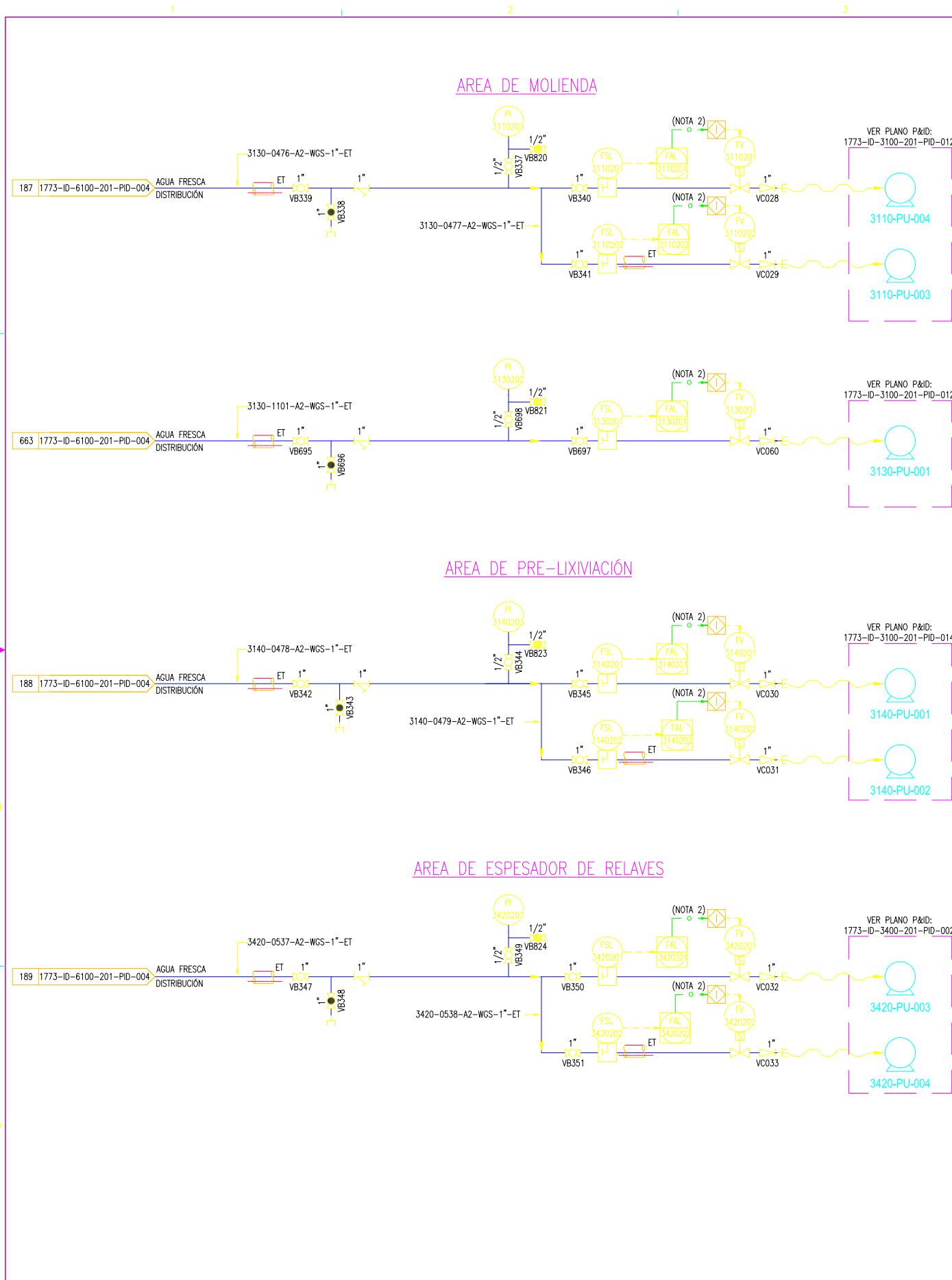
PROYECTO
PLANTA MINERA INMACULADA

PLANO
ÁREA 6100 - ALMACENAM. Y DISTRIB. AGUA/DESAGÜE - DISPOSICIÓN MECÁNICA VISTA 3D

NUMERO PLANO
1773-ID-6100-205-LYD-003

REV.
1





NOTAS				REVISIONES				DESCRIPCIÓN				DIB. DS. JD. GP. CLT.				REFERENCIAS			
1. ABREVIATURAS, SIMBOLOGÍA, ETIQUETADO E INSTRUMENTOS, EN PLANOS DEL 1773-ID-0000-201-SDD-001 AL 008.				A	20	NOV	12	EMITIDO PARA COORDINACIÓN INTERNA				A.L.	W.C.	W.C.	W.C.	T.I.C.			
2. PENDIENTE INFORMACIÓN TÉCNICA DE BOMBAS POR PARTE DE VENDOR DE GYM.				B	23	NOV	12	EMITIDO PARA APROBACIÓN DEL CLIENTE				BS/AFBS/AF	W.C.	W.C.	W.C.	T.I.C.			
3. EN EVALUACIÓN LAS BOMBAS QUE SERÁN CON SELLO SECO.				C	30	ENE	13	EMITIDO PARA APROBACIÓN DEL CLIENTE				BS/AFBS/AF	W.C.	W.C.	W.C.	T.I.C.			
4. LAS VÁLVULAS MANUALES HASTA 6" INCLUSIVE PUEDEN SER OPERADAS POR VOLANTE O PALANCA MANUAL, LAS VÁLVULAS MAYORES O IGUALES A 8" DEBERÁN SER OPERADAS POR MEDIO DE REDUCTORES DE ENGRANAJE.				D	12	ABR	13	EMITIDO PARA APROBACIÓN DEL CLIENTE				SW/AFBS/AF	W.C.	J.D.	R.U.				
				E	21	JUN	13	EMITIDO PARA REVISIÓN				BS/AFBS/AF	W.C.	J.D.	R.U.				
				F	14	AGO	13	EMITIDO PARA REVISIÓN				BS/AFBS/AF	W.C.	J.D.	R.U.				
				G	10	ENE	14	EMITIDO PARA REVISIÓN				BS/PBS/PB	W.C.	J.D.	R.U.				
				H	12	FEB	14	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN				BS/PBS/PB	W.C.	J.D.	R.U.				